

ENLACE DIGITAL DE RADIO DIFUSIÓN
MOSLOVAČKA GORA – KOZARA – VLAŠIC – HUM

JUAN MANUEL RODRIGUEZ LOPEZ

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE AUTOMATICA Y ELECTRONICA
PROGRAMA DE INGENIERIA ELECTRONICA
SANTIAGO DE CALI

2007

**ENLACE DIGITAL DE RADIO DIFUSIÓN
MOSLOVAČKA GORA – KOZARA – VLAŠIC – HUM**

JUAN MANUEL RODRIGUEZ LOPEZ

Pasantia para optar al titulo de Ingeniero Electrónico

Director

OSCAR FERNANDO AGREDO

Ingeniero Electrónico

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE

FACULTAD DE INGENIERIA

DEPARTAMENTO DE AUTOMATICA Y ELECTRONICA

PROGRAMA DE INGENIERIA ELECTRONICA

SANTIAGO DE CALI

2007

Nota de aceptación:

Aprobado por el Comité de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Autónoma de Occidente para optar el título de Ingeniero Electrónico.

Ing. HÉCTOR JOSÉ GÓMEZ

Jurado

Ing. OSCAR FERNANDO AGREDO

Director

Santiago de Cali, Diciembre 16 de 2006.

CONTENIDO

	Pág.
GLOSARIO	9
RESUMEN	15
INTRODUCCION	16
1. RECOPILACION TEORICA	17
1.1 DESCRIPCION SOBRE SDH	17
1.2 TEORIA SOBRE ANTENAS	21
1.2.1 Principios de Funcionamiento	21
1.2.2 Principios Físicos	22
1.2.3 Zona de Fresnel	23
1.3 EQUIPOS DISPONIBLES EN EL MERCADO	24
1.3.1 Microwave Radio Communications	25
1.3.2 Ara Inc	26
1.3.3 Andrew	27
1.3.4 Gabriel Inc	28
1.3.5 Nera INTERLINK	29
1.3.6 Ericsson Mini – Link	32
2. GEOGRAFIA Y CONDICIONES CLIMATICAS	34
2.1 ESTACION KOZARA	34
2.2 ESTACION VLAŠIC	36
2.3 ESTACION HUM	37
3. COMPARACION DE SOLUCIONES	39
3.1 Microwave Radio Communications	39
3.2 ARA Inc	39
3.3 Andrew	39
3.4 Gabriel Inc	40
3.5 Interlink vs Mini Link	40
4. INSTALACION E IMPLEMENTACION	41
4.1 ESTACION KOZARA	41

	Pág.
4.2 ESTACION VLAŠIC	44
4.3 ESTACION HUM	46
5. CONCLUSIONES	48
BIBLIOGRAFIA	49
ANEXOS	50

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Comparación entre configuraciones de redes SDH	19
Tabla 2. Características antenas de 2 pies (MRC)	25
Tabla 3. Características antenas de 3 pies (MRC)	26
Tabla 4. Características antenas de 4 pies (MRC)	26
Tabla 5. Características antenas ofrecidas por ARA Inc	27
Tabla 6. Características antenas ofrecidas por Gabriel Inc	28
Tabla 7. Frecuencias de los canales (6.4 – 7.1 GHz)	31
Tabla 8. Localización de las estaciones	34

LISTA DE GRAFICOS

	Pág.
Figura 1. Posible configuración de red	11
Figura 2. Estructura de trama de STM	17
Figura 3. Ondas esféricas entre el foco y el reflector	22
Figura 4. Ondas planas reflejadas de la superficie parabólica	23
Figura 5. Parámetro distancia focal – Diámetro de la apertura	23
Figura 6. Sistema para <i>Diversity Reception</i>	31
Figura 7. Vista panorámica Kozara	34
Figura 8. Torre estación Kozara	35
Figura 9. Línea de Vista Kozara – Moslovačka Gora	35
Figura 10. Vista Panorámica Vlašic	36
Figura 11. Torre estación Vlašic	36
Figura 12. Línea de Vista Vlašic – Kozara	37
Figura 13. Vista Panorámica Hum	37
Figura 14. Torre estación Hum	38
Figura 15. Línea de Vista Hum – Vlašic	38
Figura 16. Ensamble de antenas	41
Figura 17. Instalación de antenas Estación Kozara	42
Figura 18. Antenas Instaladas en la estación Kozara	43
Figura 19. Espacio para instalación de unidades interiores, estación Kozara	43
Figura 20. Estación Vlašic	44
Figura 21. Antenas Instaladas en la estación Vlašic	45
Figura 22. Espacio para instalación de unidades interiores, estación Vlašic	45
Figura 23. Instalación de antenas estación Hum	46
Figura 24. Antena instalada estación Hum	46
Figura 25. Espacio para instalación de unidades interiores, estación Hum	47

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Antenas ofrecidas por Nera y Andrew	50
Anexo B. Predicciones de funcionamiento	64

GLOSARIO

ADD/DROP: Es el proceso donde una parte de la información transportada es extraída (dropped) en un punto intermedio, y otro tipo de información es insertada (added). El tráfico restante pasa directamente al multiplexor sin recibir un procesamiento adicional.

ADD/DROP MULTIPLEXER: Es un multiplexor capaz de extraer e insertar señales de bajo orden a una señal multiplexada de orden alto sin demultiplexar completamente la señal.

ADMINISTRATIVE UNIT (AU): Una unidad administrativa es la estructura de información que proporciona la adaptación entre la capa de trayecto de orden superior y la capa sección de multiplexación. Consta de una cabida útil de información (el contenedor virtual de orden superior) y un puntero de unidad administrativa que señala el desplazamiento del comienzo de la trama de cabida útil con relación al comienzo de la trama de la sección de multiplexación.

Se definen dos unidades administrativas: la AU-4 y la AU-3. La primera consta de un VC-4 más un puntero de unidad administrativa que indica el alineamiento de fase del VC-4 con respecto a la trama del módulo de transporte síncrono N (STM-N). La segunda consta de un VC-3 más un puntero de unidad administrativa que indica el alineamiento de fase del VC-3 con respecto a la trama STM-N.

En cada caso, la ubicación del puntero de unidad administrativa es fija con respecto a la trama STM-N.

Se denomina grupo de unidades administrativas (AUG) a una o más unidades administrativas que ocupan posiciones fijas y definidas en una cabida útil de STM. Un AUG-1 consta de un conjunto homogéneo de varias AU-3 o de una AU-4.

AIS (ALARM INDICATION SIGNAL): Es un código que se envía cuando representa alguna falla en los circuitos.

ALIGNING: Este proceso toma lugar cuando un puntero es incluido en una unidad tributaria (TU) o en una unidad administrativa (AU), para permitir que el primer byte del contenedor virtual sea localizado.

AMI (ALTERNATIVE MARK INVERSION): Es un formato de código de línea en sistemas de transmisión en la cual se invierten “unos” sucesivos (Marks).

ANCHO DEL HAZ: (*Beamwidth*) Es el ángulo subtendido por la radiación emitida entre los puntos en que disminuye a la mitad (3 dB).

AUTOMATIC PROTECTION SWITCHING (APS): Es la capacidad del sistema de transmisión de detectar una falla en una instalación de trabajo y cambiar a una instalación en espera para recobrar el tráfico.

ARQUITECTURA DE ANILLO: El bloque necesario para construir una arquitectura en anillo es el ADM. Múltiples ADM pueden colocarse en una configuración en anillo para cualquier tráfico bidireccional o unidireccional. La ventaja es que si se corta un enlace existe otro de respaldo con lo cual se puede seguir prestando el servicio a cualquier parte de la red.

BACKHAULING: Técnica de manejo de tráfico usada para reducir el gasto de Multiplexado/Demultiplexado.

BANDWIDTH: Capacidad de Transporte de información de un canal de comunicación. El ancho de banda análogo es el rango de frecuencias de señales que pueden ser transmitidas por un canal de comunicación o de red.

BROADBAND: Servicios que requieren mas de 2 Mbit/s de capacidad de transporte.

DIGITAL CROSS-CONNECT (DCS): Es aquel que tiene acceso a los canales de bajo orden y los conecta con las señales multiplexadas de orden alto, reacomodando todos estos canales.

DIPOLO ELEMENTAL: Es un elemento recorrido por una corriente uniforme, cuyas dimensiones son pequeñas comparadas con la longitud de onda. La mayor parte de las antenas a frecuencias inferiores a 1 MHz se comportan como dipolos elementales, dado que a esa frecuencia la longitud de onda es de 300 m.

DIVERSITY COMBINING: Es la técnica aplicada para combinar las múltiples señales de un dispositivo de recepción diversa en una sola señal mejorada, hay varias técnicas entre las que se encuentran:

- **Selection Combining:** De las N señales recibidas, se selecciona la señal mas fuerte. En un canal AWGN la máxima ganancia de diversidad alcanzable es $\log_{10}(N)$ Db.
- **Switched Combining:** El receptor cambia a otra señal cuando la corriente de la señal cae por debajo de un valor predefinido.
- **Equal gain Combining:** Todas las señales recibidas son sumadas coherentemente.
- **Maximal Ratio Combining:** Las señales recibidas son pesadas respecto a su SNR y sumadas posteriormente.

FRONT TO BACK RATIO: Es la ganancia en una dirección específica, que usualmente es la máxima ganancia, comparada con la ganancia en la dirección opuesta.

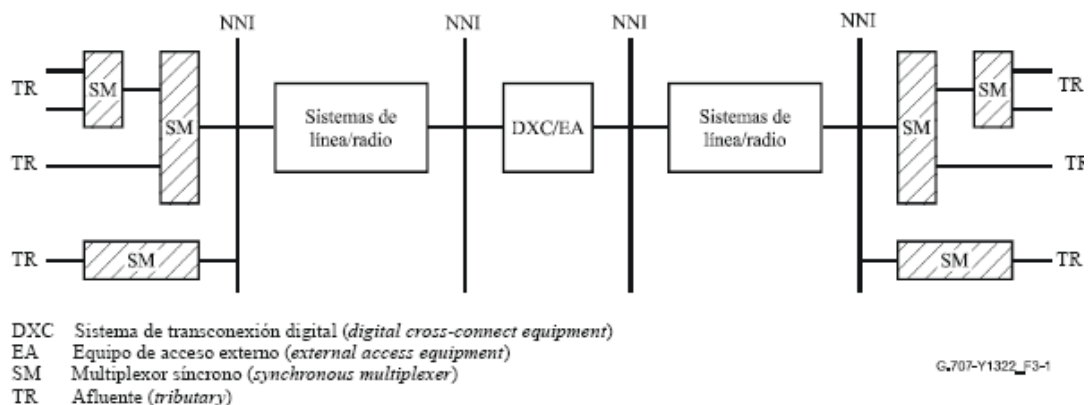
GANANCIA DE LA ANTENA: Es el cociente entre la potencia emitida por la antena en su dirección de máxima emisión respecto a una antena isotrópica se expresa dBi.

IMPEDANCIA DE ENTRADA: Cociente entre el voltaje aplicado a los terminales de entrada y la corriente resultante.

INTERFAZ DE NODO DE RED (NNI): *network node interface*, interfaz situada en un nodo de red que se utiliza para la interconexión con otro nodo de red.

La figura 1 muestra una posible configuración de red para ilustrar la ubicación de la interfaz de nodo de red (NNI).

Figura 1. Posible configuración de red.



JERARQUIA DIGITAL SINCRONA (SDH): Es un conjunto jerárquico de estructuras de transporte digitales, normalizadas para el transporte por redes de transmisión físicas de capacidades útiles correctamente adaptadas.

LINEA DE VISTA: Se usa en telecomunicaciones para expresar que entre las antenas receptoras y transmisoras de un enlace no exista ningún obstáculo físico.

MAP/DEMAP: Un término de demultiplexación que permite más visibilidad dentro de la cadena de bits multiplexados de lo que se puede lograr con las técnicas convencionales asíncronas.

MAPPING: Es un proceso usado cuando los tributarios son adaptados en contenedores virtuales (VC), al adherirle información de bits de información y de *path overhead* (POH).

MESH ARCHITECTURE: La arquitectura en malla acomoda un incremento inesperado y permite cambiar más fácilmente las redes punto a punto. Una función de *cross-connect* concentra el tráfico en un sitio central y permite un fácil reaprovisionamiento de los circuitos.

Hay dos posibles implementaciones para este tipo de función de red:

- *Cross – connect* a caminos de orden más alto.
- *Cross – connect* a caminos de orden mas bajo.

MICROWAVE RADIO RELAY: Es una tecnología para transmitir señales digitales y análogas, como llamadas telefónicas de larga distancia y la difusión de programas de televisión a los transmisores, entre dos lugares que tengan entre si línea de vista. En la radio difusión por microondas, las ondas de radio son transmitidas entre dos lugares por medio de antenas direccionales formando una conexión fija de radio entre los dos puntos.

MODULO DE TRANSPORTE SINCRONO (STM): es la estructura de información utilizada para soportar conexiones de capa de sección en la SDH. Consta de campos de información de cabida útil de información y de tara de sección (SOH) organizados en una estructura de trama de bloque que se repite cada 125 μ s. La información esta adaptada para su transmisión por el medio elegido a una velocidad que se sincroniza con la red. El STM básico se define a 155520 Kbit/s y se denomina STM – 1. Los STM de mayor capacidad se constituyen a velocidades equivalentes a N veces la velocidad básica. Se han definido capacidades de STM para $N = 4$, $N = 16$, $N = 64$, $N = 256$; están en estudio valores superiores.

El STM – 0 incluye una sola unidad administrativa de nivel 3. El STM – N, $N \geq 1$, incluye un solo grupo de unidades administrativas de nivel N (AUG – N) así como la tara de sección (SOH). Las velocidades jerárquicas del STM – N.

MULTIPLEXING: Este proceso es usado cuando múltiples caminos de bajo orden de señal son adaptados en un camino de señales de orden alto, o cuando unas señales de orden alto son adaptadas en una sección de multiplexión.

PATH LOSS: Es la atenuación de una onda electromagnética en transito desde un transmisor a un receptor en un sistema de telecomunicaciones. Estas perdidas se deben a varios aspectos como la perdida de espacio libre, refracción, difracción, reflexión, absorción, etc.

PAYLOAD: La porción de una señal de SDH disponible para llevar señales de servicio tales como E1 y E3. Están contenidos dentro de un contenedor virtual (VC).

POINT TO MULTIPOINT: Arquitectura que incluye circuitos de *adding* y *dropping*. El SDH ADM (*add/drop multiplexer*) es un elemento de red único específicamente diseñado para esta tarea.

POINT TO POINT: Es la mas sencilla conexión de red que envuelve dos terminales multiplexores enlazados por fibra con o sin regenerador en el enlace.

PUNTERO: Indicador cuyo valor define el desplazamiento de la trama de un contenedor virtual con respecto a la referencia de trama de la entidad de transporte sobre lo que es soportado.

RECEPCION DIVERSA (DIVERSITY RECEPTION): En Telecomunicaciones, se refiere a un método para mejorar la recepción de una señal transmitida, al recibir y procesar múltiples versiones de la misma señal transmitida, para ello se cuenta con diferentes técnicas.

- **Space Diversity:** Recibir múltiples versiones de la señal transmitida, que han seguido un diferente camino de propagación, y esto se logra al transmitir para diferentes antenas de recepción.
- **Polarization Diversity:** Recibir múltiples versiones de la señal transmitida por antenas con diferente polarización.
- **Time Diversity:** La señal transmitida se envía en diferentes instantes de tiempo.
- **Frecuency Diversity:** Se recibe múltiples versiones de la señal que fue transmitida en diferentes frecuencias portadoras.

RECIPROCIDAD: El comportamiento de la antena en transmisión es similar al de recepción.

REGENERADOR: Dispositivo que restaura una señal digital degradada por la transmisión continua, también es conocido como repetidor.

RELOJ ATOMICO: Es un tipo de reloj que usa una frecuencia de resonancia atómica estándar para alimentar su contador, estos relojes atómicos pueden conseguirse con el manejo de atémonos fríos y de fuentes atómicas.

SEÑALES ASINCRONAS: Las transiciones de las señales no necesariamente ocurren al mismo tiempo, sin embargo la diferencia entre los relojes es mucho mas grande que en las señales plesiocronas.

SEÑALES PLESIOCRONAS: Las transiciones de las señales digitales ocurren casi al mismo tiempo, con alguna variación que debe estar en un margen muy pequeño. Por ejemplo si dos redes necesitan interconectarse, entonces sus relojes deberán sincronizarse de dos PRC diferentes. A pesar de que estos relojes son muy exactos, siempre hay una pequeña diferencia entre ellos y es lo que se conoce como “diferencia plesiocrona”.

SEÑALES SINCRONAS: En ellas las transiciones digitales en las señales ocurren exactamente en un mismo tiempo. En estas redes se utiliza un reloj primario de referencia (PRC) para sincronizar todos los otros relojes de la red.

SNR: *Signal to Noise Ratio*, se define como el margen que hay entre el nivel de referencia (información significativa) y el ruido de fondo de un determinado sistema.

STANDING WAVE RATIO (SWR): Es la razón entre la amplitud de una onda estacionaria en un antitodo (máximo) contra la amplitud de la misma onda en el nodo adyacente (mínimo).

STUFFING: Como las señales tributarias son multiplexadas y alineadas hay una capacidad que ha sido diseñada dentro de la trama SDH para proveer suficiente espacio para las diferentes tarifas tributarias. Por lo tanto en ciertos puntos de la jerarquía multiplexora, esta capacidad de espacio es llenado con “*fixed stuffing*” que son bits que no tienen información, pero que se requieren para completar la trama que será transmitida.

TRIBUTARY UNIT (TU): Es una estructura de información que provee la adaptación entre canales de bajo y alto orden. Contienen los contenedores virtuales (VC) mas un puntero de unidad tributaria.

VIRTUAL CONTAINER (VC): Es una señal diseñada para transportar y cambiar de *payloads* en las subredes SDH.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es presentar las principales características del desarrollo del proyecto denominado “Enlace digital de radio-difusión Moslovačka Gora – Kozara – Vlačić – Hum”, que realizó la empresa MIBO komunikacije d.o.o. en territorio de Bosnia y Herzegovina. Para este proyecto se realizó un estudio previo sobre las condiciones geográficas de las estaciones, y la disponibilidad de espacios para los equipos a ser instalados, se compararon cuatro proveedores de antenas y se recomienda la mejor opción. Por último se detalla en los procesos de instalación y de ubicación final de los equipos en cada una de las estaciones.

Todos los procesos de gestión e instalación de las antenas fueron realizados por el personal de la empresa, sin embargo en todo momento se contó con la asesoría de ingenieros de las empresas proveedoras, quienes entrenaron a los técnicos de la empresa en el manejo e instalación de las antenas.

La mayor parte de este proyecto se basó en la recopilación teórica en la que se fundamenta las redes digitales de radio / difusión, pero igualmente se cuenta con una parte práctica (trabajo de campo), de instalación de equipos, especialmente de las antenas y la guía de onda. Durante el desarrollo del proyecto se presentaron varias dificultades, que fueron superadas gracias a la planeación previa y a la permanente comunicación entre los grupos de trabajo, de esta manera se logró cumplir con el cronograma establecido desde un principio y se entregó en óptimas condiciones de funcionamiento un enlace de microondas de tipo privado que conecta tres países balcánicos con la Unión Europea.

INTRODUCCION

Este trabajo es una muestra del creciente interés económico y político de la unión europea, sobre los países balcánicos, especialmente los que pertenecieron a la antigua Yugoslavia, aunque ya existen este tipo de enlaces en la región, este es el primero de tipo privado, convirtiéndolo en pionero y modelo a seguir para futuros enlaces.

Aunque en la planeación y desarrollo del proyecto se dependía de entes superiores, finalmente se tuvo libertad para la instalación de equipos y el desplazamiento del personal, lo que permitió que se cumpliera con el cronograma establecido en un principio, llenando de satisfacción a todos los que se involucraron en el proyecto.

Superadas las dificultades e inconvenientes que suelen venir con los proyectos de gran envergadura, se llegó a un feliz término, brindando un enlace digital de radio-difusión especialmente para relaciones comerciales entre la unión europea y Sarajevo.

1. RECOPIACION TEORICA

1.1 DESCRIPCION SOBRE SDH

SDH es un estándar de transporte de telecomunicaciones formulado por la ITU, fue introducido en las redes de telecomunicaciones en el año de 1992 y ha tenido un gran crecimiento desde entonces. Se ha desarrollado en todos los niveles de la infraestructura de redes incluyendo el acceso de red y las redes *trunking* de larga distancia, igualmente se esta usando en enlaces de radio difusión, enlaces satelitales e interfaces eléctricas entre equipos.

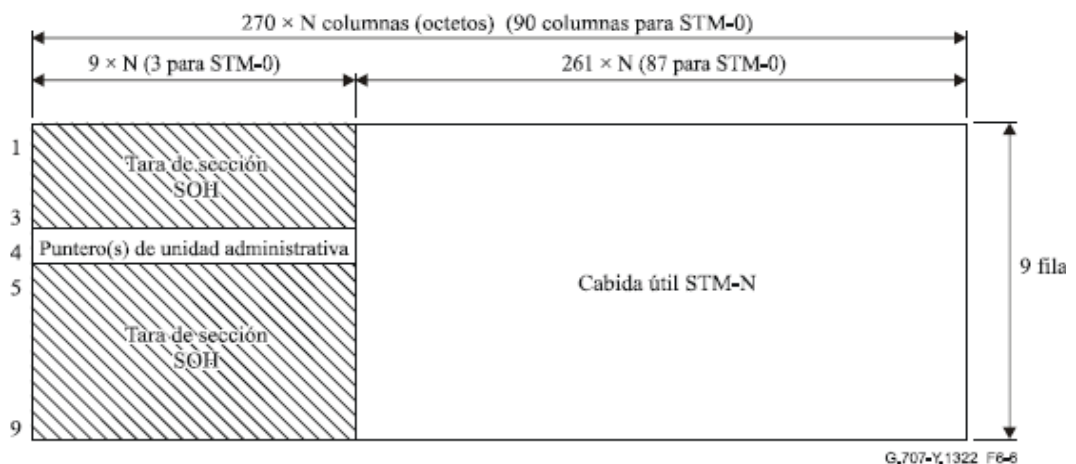
Entre las principales ventajas que brinda SDH se encuentran:

- Reducción de la cantidad de equipos e incremento de la fiabilidad de la red.
- La definición de una arquitectura flexible capaz de soportar futuras aplicaciones, con una variedad de velocidades de transmisión.
- La habilidad de mantener un estándar genérico, que permite la interoperatibilidad entre diferentes fabricantes.
- La definición de un formato síncrono de multiplexado para transportar señales digitales de bajo orden (como 2 Mbit/s, 34 Mbit/s, 140 Mbit/s), lo que simplifica de gran manera la interfase a los interruptores digitales, los cross- conectores digitales y los multiplexores add/drop.

En la figura 2 se aprecia la estructura de trama básica (STM – N) con sus tres partes más importantes:

- Tara de sección.
- Punteros de AU.
- Cabida (contenido) útil de información.

Figura 2. Estructura de trama de STM



Algo que caracteriza a SDH es que es un estándar sincronizado, y para ello requiere de los siguientes componentes:

- **Reloj de referencia primaria:** En las redes modernas de telecomunicaciones se usan relojes primarios de referencia de alta precisión que deben cumplir con estándares internacionales de exactitud de frecuencias de largo término. Para obtener este funcionamiento se basan en relojes atómicos de alta precisión.
- **Unidad de suministro de sincronización:** Son usados para garantizar una sincronización fiable en toda la red, dentro de sus funciones se encuentra.
 - Filtrar la señal sincronizada recibida para eliminar los ruidos de fase de alta frecuencia.
 - Proveer distribución al disponer de un gran número de salidas programables para sincronizar otro equipo local.
 - Tienen la capacidad de transportar y entregar salidas de alta calidad aun cuando se pierde la referencia de la entrada.

En los sistemas de radio – difusión es importante conocer que clase de fallas se pueden presentar y de que manera afectan a la red. Las principales alarmas de fallo en un sistema SDH de radio difusión son:

- **Perdida De Señal (LOS):** Se accede al estado LOS cuando el nivel de la señal recibida desciende por debajo del valor que se prevé. Se abandona el estado LOS cuando se reciben dos patrones de trama validos consecutivos (y durante ese tiempo no se detecta una nueva condición LOS).
- **Fuera De Trama (OOF):** Se accede al estado OOF cuando se reciben 4 tramas SDH consecutivas no validas (es decir que contienen errores). El tiempo máximo de detección de OOF es, por lo tanto, de 625 segundos. Se abandona el estado OOF cuando se reciben dos SDH consecutivas validas.
- **Perdida De Trama (LOF):** Se accede al estado LOF cuando existe un estado de OOF durante (0-3) milisegundos, si los OOF son intermitentes, el temporizador no se restaura a cero hasta que un estado de “en trama” persista durante 3 milisegundos. Se abandona el estado LOF cuando un estado de “en trama” existe continuamente por 3 milisegundos.
- **Perdida De Puntero (Lop):** Se accede a este estado cuando se reciben N punteros no validos consecutivos (excepto un indicador de concatenación), donde $n = 8, 9 \text{ ó } 10$. Se abandona el estado LOP cuando se reciben tres punteros validos iguales o 3 indicadores AIS consecutivos.
- **AIS De La Sección Del Multiplexor (Ms – Ais):** Enviado por el equipo de terminación de sección de multiplexación (RSTE) para alertar al MSTE en

las etapas siguientes que se han detectado estados LOS ó LOF. Viene indicado por una señal STM – N que contiene la RSOH valida y una configuración formada exclusivamente por unos. La generación debe producirse en un plazo de 3 ms a partir del momento en que se detecta la condición. El RSTE desactiva MS – AIS en un plazo de 3 ms a partir del momento en que se elimine la condición de anomalía. Detectado por el MSTE cuando los bits 6 al 8 del byte K2 recibido se ajustan a “111” para tres tramas consecutivas. El MSTE detecta la eliminación cuando se reciben tres tramas consecutivas con una configuración distinta de “111” en los bytes 6 a 8 de K2.

- **Fallo De Recepción en Extremo Remoto (FERF ó MS-FERF):** Enviado a las etapas anteriores del proceso por el de la sección multiplexora (MSTE) a un plazo de 250 s a partir del momento en que se detecta un estado LOS, LOF ó MS – AIS en la señal entrante. Opcionalmente, se transmite al detectarse un defecto de BER excesivo (el BER equivalente basado en los BIP de los bytes B2, excede el umbral de 10^3 , viene indicado por el ajuste de los bits 6 al 8 del byte K2 transmitido a “110”. Detectado por el MSTE cuando los bits 6 al 8 del byte K2 recibido están ajustados a “110” durante 3 tramas consecutivas en una configuración distinta de “110” en los bits 6 a 8 de K2.
- **AIS de Ruta AU:** Enviado por el MSTE para avisar a los equipos de terminación de trayecto de orden superior (HO PTE) situados en las siguientes etapas del proceso que se ha detectado un estado LOP o se ha recibido un AIS de trayecto AU. Viene indicado por la transmisión de una configuración formada exclusivamente por “unos” en toda la AU – ¾. Detectado por el HO PTE cuando se recibe la configuración formada exclusivamente por “unos” en los bytes H1 y H2 durante tres tramas consecutivas. La eliminación se detecta cuando se reciben 3 punteros AU validos consecutivos con NDF normales (0110) ó se recibe un único puntero AU valido con NDF activado (1001).

SDH permite tener diferentes formas de red, en la tabla 1 se comparan cada una de ellas:

Tabla 1. Comparación entre configuraciones de redes SDH

METODO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
CAPA	-Rápido progreso una vez que una cantidad mínima de equipo se ha instalado. - Todas las ventajas de SDH en los niveles más altos de la red.	- La inversión precede a los beneficios. - utilización inicial baja de los recursos del SDH.

ISLA	<ul style="list-style-type: none"> - Sustancial e inmediatas mejoras en la calidad y acceso de los servicios. - Posibilidad de compartir puentes entre varias islas para disminuir la inversión inicial. - Permite que áreas de bajo trafico (zona rural) puedan migrar cuando su trafico crezca y no antes. 	<ul style="list-style-type: none"> - La funcionalidad completa del SDH no se obtiene a nivel nacional
PARALELO	<ul style="list-style-type: none"> - Provee un sistema completo SDH para poner a prueba. - Permite introducir servicio de premios y capacidades adicionales. 	<ul style="list-style-type: none"> -Costo adicional de dos redes, administración compleja de red. - Los puentes pueden ser costosos y no reutilizables.

Las ventajas que brinda SDH es que permite migrar de una configuración a otra con relativa facilidad, para nuestro caso se utilizara una configuración en Capa o Punto a Punto, para esta primera parte del proyecto, como posteriormente se realizaran enlaces con otros países, se tendrán configuraciones globales en paralelo o en isla.

La configuración en capa es la más sencilla y mas económica de realizar, igualmente para nuestro caso es la mas viable, porque solamente se requiere de un enlace punto a punto entre Eslovenia y Bosnia y Herzegovina, sin embargo en estos puntos ya se encuentran los equipos, que permiten otros tipos de configuración de red, que se establecerán en etapas posteriores del proyecto.

BENEFICIOS QUE BRINDA SDH

- *Punteros, Mux / Demux:* Como resultado de las transmisiones SDH, los relojes de la red están referenciados a un punto de referencia altamente estable, entonces la alineación de los datos es innecesaria, convirtiendo a los canales de mas bajo nivel directamente accesibles.

- *Reducción del multiplexado Back to Back:* En los sistemas asíncronos de PDH se debe tener cuidado en la enrutación de circuitos para evitar el multiplexado y demultiplexado en numerosas ocasiones, porque involucran costos extras en tiempo y equipos, con los circuitos síncronos SDH los canales de mas bajo nivel pueden ser multiplexados directamente a la velocidad de SMN – N, eliminando la necesidad de multiplexar y demultiplexar esta señal para poder ser accedida.

- *Fortalece el desarrollo del monitoreo:* Se provee más cabecera de información en SDH lo que permite una más rápida detección de fallas antes de que ocasionen daños mas graves.

- *Configuraciones Multipunto:* La mayoría de los sistemas de transmisión asíncronos son económicos solamente para sistemas punto a punto, pero SDH puede soportar eficientemente configuraciones de multipunto o cross conectadas.

1. 2 TEORIA SOBRE ANTENAS

1.2.1 Principios de Funcionamiento. Desde el emisor llega corriente y la antena crea un campo magnético y otro campo electroestático a su alrededor que radian la energía al espacio; Existen varios tipos de antenas que se clasifican de diferentes formas según sus características: tipo de dirección (direccional, onmidireccional...), o por cantidad de dipolos que tengan.

El cable utilizado en las estaciones debe ser de calidad, apantallado y lo menos largo posible para evitar perdidas. El emisor, el cable y la antena deberán estar acoplados para evitar estacionarias grandes (ondas que rebotan en la antena y vuelven al emisor).

El emisor o transmisor consta de un oscilador que genera la señal, uno o mas pasos intermedios y un amplificador de potencia, que esta conectado a la antena a través de un circuito de acoplo.

El dipolo elemental es un elemento recorrido por una corriente uniforme, cuyas dimensiones son pequeñas comparadas con la longitud de onda. La mayor parte de las antenas a frecuencias inferiores a 1 MHz se comportan como dipolos elementales, dado que a esa frecuencia la longitud de onda es de 300 m.

Debido a las altas frecuencias usadas, se debe garantizar línea de vista entre las estaciones además, para formar la conexión de línea de vista entre las dos estaciones, La primera zona de fresnel deberá estar libre de obstáculos, para que la propagación de las ondas de radio pueda transportarse en un camino sin interrupciones. Obstáculos en el campo de la señal causan absorciones de señal no deseadas, y solo pueden ser aceptadas en casos excepcionales.

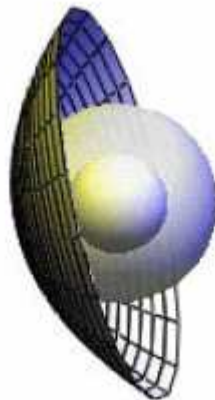
Obstáculos, la curvatura de la tierra, la geografía del área y temas de recepción, sobre el uso que se le da a las tierras cercanas, son aspectos importantes a considerar cuando se están planeando enlaces de radio. En el proceso de planeación es necesario determinar los «perfiles de los caminos», con lo cual se tiene información acerca del terreno y las zonas de fresnel que afectan el camino de transmisión. La presencia de superficies de agua, como un lago o un río, en regiones cercanas deben ser tomadas en consideración,

porque pueden generar una reflexión casi perfecta, creando otras señales distorsionadas que afectan la recepción.

1.2.2 Principios físicos. El reflector parabólico cumple con ciertas funciones debido a las propiedades geométricas de su forma parabólica: Si el ángulo de incidencia de la superficie interna del colector iguala el ángulo de reflexión, entonces cualquier rayo incidente que sea paralelo al eje del plato será reflejado a un punto central o «foco». Debido a que muchos tipos de energía pueden ser reflejados de esta manera, los reflectores parabólicos deben ser usados para coleccionar y concentrar energía entrando al reflector en un ángulo específico. Similarmente, la energía radiante desde el «foco» al plato, podrá ser transmitida en un rayo que es paralelo al eje del plato.

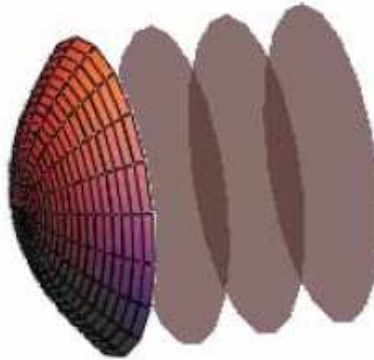
1.2.2.1 Propagación de las Ondas. En las ondas esféricas que se propagan entre el foco y el reflector, el modulo del campo va a ser proporcional a la inversa de la distancia y al diagrama de campo de la antena situada en el foco. Las ondas que se propagan entre el foco y el reflector se comportan como ondas esféricas, y los campos varían en fase y amplitud.

Figura 3. Ondas esféricas entre el foco y el reflector.



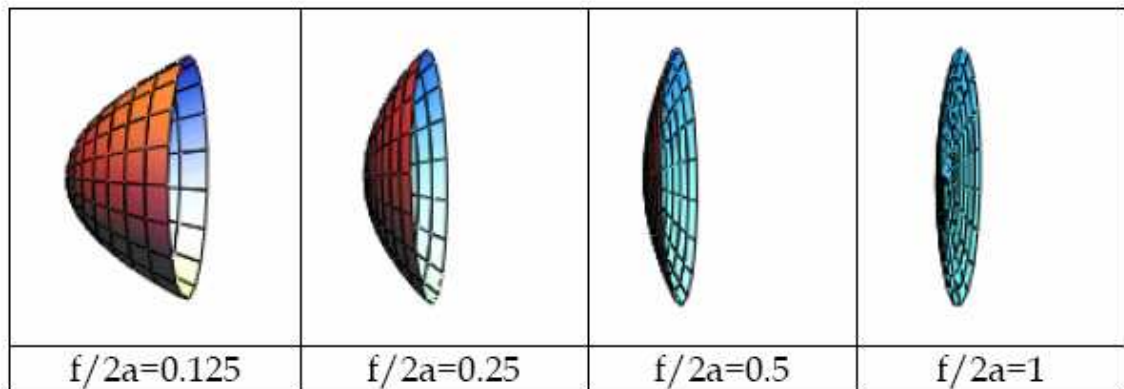
Las ondas cuando se reflejan en la superficie parabólica se propagan como ondas planas, la amplitud del campo en las ondas planas es constante, tan solo varia la fase.

Figura 4. Ondas planas reflejadas de la superficie parabólica.



1.2.2.2 Parámetro distancia focal- Diámetro de la apertura. Las propiedades del reflector parabólico dependen del parámetro distancia focal a diámetro de la apertura ($f/2a$). Un valor reducido equivale a un reflector con gran curvatura, mientras que valores superiores a 1 suponen que el reflector está más cerca de un plano.

Figura 5. Parametro distancia focal – Diametro de la apertura.



1.2.3 Zona De Fresnel. La zona de Fresnel es una zona de despeje adicional que hay que tener en consideración además de haber una visibilidad directa entre las dos antenas.

Este factor deriva de la teoría de ondas electromagnéticas respecto de la expansión de las mismas al viajar en el espacio libre. Esta expansión resulta en reflexiones y cambios de fase al pasar sobre un obstáculo. El resultado es un aumento o disminución en el nivel de intensidad de señal recibido. Debiendo considerar la curvatura de la tierra (K), que generalmente puede tomar valores de $K=2/3$ (peor caso) y $K=4/3$ (caso óptimo)

Una zona Fresnel es uno de los elipsoides de revolución concéntricos teóricamente infinitos que definen volúmenes en el patrón de radiación de la abertura circular (generalmente). Fresnel divide el resultado en zonas de la difracción por la abertura circular.

La sección transversal de la primera zona de Fresnel es circular. Las zonas subsecuentes de Fresnel son anulares en la sección transversal, y concéntricas con las primeras. El concepto de las zonas de Fresnel se puede también utilizar para analizar interferencia por obstáculos cerca de la trayectoria de una viga (antena) de radio. Esta zona se debe determinar primero, para mantenerla libre de obstrucciones.

La obstrucción máxima permisible para considerar que no hay obstrucción es el 40% de la primera zona de Fresnel. La obstrucción máxima recomendada es el 20%. Para el caso de radiocomunicaciones depende del valor de K (curvatura de la tierra) considerando que para un $K=4/3$ la primera zona de fresnel debe estar despejada al 100% mientras que para un estudio con $K=2/3$ se debe tener despejado el 60% de la primera zona de Fresnel.

Para establecer las zonas de Fresnel, primero debemos determinar la línea de vista de Radio Frecuencia (*RF LoS*) que en términos simples es una línea recta entre la antenna transmisora y la receptora. Ahora la zona que rodea el *RF LoS* es la zona de Fresnel. El radio de la sección transversal de la primera zona de Fresnel tiene su máximo en el centro del enlace. En este punto, el radio r se puede calcular como sigue:

$$r = 547.723 \sqrt{\frac{d}{4f}}$$

r = radio en metros (m).

d = distancia en kilómetros (km).

f = frecuencia transmitida en megahercios (MHz).

La fórmula genérica de cálculo de las zonas de Fresnel es:

$$r_n = 547.723 \sqrt{\frac{nd_1d_2}{fd}}$$

Donde:

r_n = radio de la enésima zona de Fresnel.

d_1 = distancia desde el transmisor al objeto en km.

d_2 = distancia desde el objeto al receptor en km.

d = distancia total del enlace en km.

f = frecuencia en MHz.

1.3 EQUIPOS DISPONIBLES EN EL MERCADO

A pesar de la alta oferta que se presenta en Europa por parte de fabricantes de equipos de telecomunicaciones, son muy pocos los que ofrecen productos para

grandes proyectos, los requerimientos del proyecto exige antenas de alta eficiencia, gran alcance y que puedan resistir las condiciones variantes de temperatura de la region. Por esta razon, se estudiaron propuestas de fabricantes norteamericanos que poseen sucursales o distribuidores en algun lugar de la Union Europea y cumplen con los requisitos del proyecto.

La eleccion de la opcion mas viable no solo depende de factores tecnicos, los costos, tiempos de envio y la familiaridad de los tecnicos e ingenieros de la empresa con los equipos son aspectos fundamentales, de alta relevancia, al momento de descartar opciones y elegir la mas adecuada.

1.3.1 Antenas Ofrecidas Por Microwave Radio Communications. La familia MRC de antenas parabólicas para el campo de la producción incluye antenas de 2, 3 y 4 pies para cubrir la mayoría de la banda de microondas incluyendo 1.9 – 2.7, 6.4 – 7.4, 7.1 – 7.7, 12.7 – 13.2 y 14.5 – 15.7 GHz.

Los nuevos reflectores de aluminio ofrecen un rendimiento superior en un diseño de peso ligero. La mayoría de las antenas están disponibles en cada banda, y las antenas de 1 y 2 pies están disponibles para dos soportes: Un reflector de seguridad por torsión y una de conexión de alimentación rápida, ambos entregan ciertas ventajas en el montaje. El reflector de seguridad por torsión es compacto y permite un fácil manejo para conectar y desconectar. El de conexión de alimentación rápida debido a su diseño permite un fácil almacenamiento de los platos y los alimentadores, mientras que hace posible el cambio de alimentación en el campo sin cambiar el reflector o el montaje.

El nuevo diseño *L- bracket* para el montaje en trípode, es compacto y duro. Estos sistemas de montajes de antenas son rápidos y fáciles de desarrollar y pueden ser armadas sin la necesidad de herramientas. Adicionalmente las antenas parabólicas de 2, 3 y 4 pies también están disponibles para montajes en barras o en versiones de montaje en torres.

Tabla 2. Características antenas de 2 pies (MRC)

2-FOOT (60 CM)					
Band	2 GHz	6 GHz	7 GHz	13 GHz	15 GHz
Frequency Range	1.9 to 2.7 GHz*	6.4 to 7.4 GHz	7.1 to 7.7 GHz	12.7 to 13.2 GHz	14.4 to 15.35 GHz
Gain Typical	19 dBi	30 dBi	31 dBi	35 dBi	36 dBi
Beamwidth, Typical	15°	4.5°	4.4°	2°	1.8°
Polarization Options					
Linear	✓	✓	✓	✓	✓
Circular Right & Left	✓	---	---	---	---
RCP/ LUN/ LCP (switchable)	---	✓	✓	✓	---
Mounting Options					
Quick Connect Feed:	✓	✓	✓	✓	✓
Twist Lock Reflector * 1.7 to 1.99 optional	✓	✓	✓	✓	---

Tabla 3. Características antenas de 3 pies (MRC)

3-FOOT (90 CM)					
Band	2 GHz	6 GHz	7 GHz	13 GHz	15 GHz
Frequency Range	1.9 to 2.7 GHz	6.4 to 7.4 GHz	7.1 to 7.7 GHz	12.7 to 13.2 GHz	14.4 to 15.35 GHz
Gain Typical	23 dBi	32.5 dBi	34 dBi	38 dBi	40 dBi
Beamwidth, Typical	10°	3°	2.8°	1.5°	1.3°
Polarization Options					
Linear	✓	✓	✓	✓	✓
Circular Right & Left	✓	---	---	---	
RCP/LIN/LCP (switchable)	---	✓	✓	✓	
Mounting Options					
Quick Connect Feed:	✓	✓	✓	✓	✓

Tabla 4. Características antenas de 4 pies (MRC)

4-FOOT (120CM)					
Band	2 GHz	6 GHz	7 GHz	13 GHz	15 GHz
Frequency Range	1.9 to 2.7 GHz*	6.4 to 7.4 GHz	7.1 to 7.7 GHz	12.7 to 13.2 GHz	14.4 to 15.35 GHz
Gain Typical	25 dBi	36 dBi	37 dBi	41 dBi	42 dBi
Beamwidth, Typical	8°	2.5°	2.4°	1.2°	1.1°
Polarization Options					
Linear	✓	✓	✓	✓	✓
Circular Right & Left	✓	---	---	---	---
RCP/LIN/LCP (switchable)	---	✓	✓	✓	---
Mounting Options					
Quick Connect Feed: * 1.7 to 1.99 optional	✓	✓	✓	✓	✓

1.3.2 Antenas Ofrecidas Por Ara Inc. La serie PRA de antenas ofrece una solución costo – efectiva para aplicaciones relativamente permanentes. Los reflectores de aluminio sólido son robustos y resistentes a la corrosión.

La serie PRH de antenas reflectoras de alto rendimiento son envueltas para reducir significativamente las características de radiación de los lados y de atrás-adelante. La superficie flexible que envuelve la antena, la protege de ambientes severos y ofrece bajas pérdidas por inserción.

La serie PRD de antenas, para aplicaciones de telecom, usa reflectores profundos. El diseño de reflector profundo de la antena mejora las características de radiación de lado y atrás-adelante. Lo que las convierte ideales para áreas de radiofrecuencias congestionadas.

Todos los reflectores de las antenas cumplen con los estándares EIA-195-C y EIA-222-D

Tabla 5. Características antenas ofrecidas por Ara Inc.

SPECIFICATIONS: PARABOLIC REFLECTOR ANTENNAS

*TYPE : S: Standard Parabolic Reflector D: Deep Dish H: High Performance Antenna with Radome

ARA MODEL	FREQUENCY RANGE (GHz)	REFLECTOR DIAMETER FT (M)	GAIN DB LINEAR			HALF POWER BEAMWIDTH (DEGREES)	VSWR	FRONT TO BACK RATIO (dB)	TYPE
			LOW	MID	HIGH				
PRA-1723/A4	1.7 - 2.3	4(1.2)	23.7	25.1	26.3	10.7 - 7.9	1.5	30	S
PRA-1723/A6	1.7 - 2.3	6(1.8)	27.1	28.5	29.7	7.1 - 5.3	1.5	34	S
PRA-239/A3	2.0 - 3.9	3(0.9)	22.5	26.0	28.4	12.1 - 6.2	1.5	29	S
PRA-3673/A1.5	3.6 - 7.3	1.5(0.45)	21.0	24.6	26.0	13.5 - 6.7	2.0	28	S
PRD-3742/A8	3.7 - 4.2	8(2.4)	36.4	37.0	37.5	2.5 - 2.2	1.05	54	D
PRA-3974/A3	3.9 - 7.4	3(0.9)	28.4	31.7	34.0	6.2 - 3.3	1.5	35	S
PRD-5964/A6	5.925 - 6.425	6(1.8)	38.1	38.5	38.8	2.0 - 1.9	1.04	58	D
PRD-5964/A8	5.925 - 6.425	8(2.4)	40.6	41.0	41.3	1.5 - 1.4	1.04	60	D
PRD-6471/A6	6.425 - 7.125	6(1.8)	39.3	39.8	40.2	1.9 - 1.7	1.05	58	D
PRD-6471/A8	6.425 - 7.125	8(2.4)	41.8	42.3	42.7	1.4 - 1.3	1.04	60	D
PRA-7412/A1.5	7.4 - 12.0	1.5(0.45)	28.5	30.2	32.0	6.6 - 4.0	2.0	35	S
PRD-1011/A6	10.55 - 11.7	6(1.8)	43.1	43.5	43.9	1.2 - 1.0	1.04	56	D
PRA-7412/A3	7.4 - 12.0	3(0.9)	34.0	36.3	38.2	3.3 - 2.0	1.5	41	S
PRA-8510/A2	8.5 - 10.7	2(0.6)	31.7	32.5	33.7	4.3 - 3.4	1.5	38	S
PRA-1011/A1.5	10.55 - 11.7	1.5(0.45)	31.1	31.5	32.0	4.6 - 4.2	1.5	38	S
PRA-1011/A4	10.55 - 11.7	4(1.2)	39.6	40.1	40.5	1.7 - 1.6	1.5	40	S
PRA-1013/A1.5	10.55-13.25	1.5(0.45)	31.1	32.1	33.0	4.6 - 3.7	1.5	38	S
PRA-1218/A1.5	12.0 - 18.0	1.5(0.45)	32.2	34.1	35.7	3.9 - 2.7	1.5	39	S
PRA-1218/A3	12.0 - 18.0	3(0.9)	38.2	40.1	41.7	2.0 - 1.4	1.5	45	S

1.3.3 Antenas Ofrecidas Por Andrew. Las antenas terrestres de microondas producen tipicamente un haz altamente direccional usado en sistemas de microondas punto a punto, para aplicaciones como redes de telecomunicaciones de lineas fijas, infraestructura inalambrica, radiodifusion e internet inalambrico.

HP and HPX Series Ultra Multiband Antennas.

Son antenas de alto rendimiento a bajo costo de vida. Son similares mecanicamente a los UHX Ultra High Performance Antennas. La serie HPX tienen doble polarizacion mientras que la serie HP solo una.




















HSX Series Antennas – High XPD Microwave Antennas














Son antenas de alto rendimiento, que poseen *high cross polarization discrimination (XPD)* en ambos azimuth y en los planos de elevacion. El XPD garantizado para estas antenas es de 40 dB. Estas antenas son apropiadas para sistemas digitales de alta capacidad, utilizando esquemas de transmision como Jerarquia Digital Sincrona (SDH). Este desarrollo es alcanzado a traves del uso de una antena alimentadora de bocina con un anillo unico iluminador que con un diseño y un control estricto de calidad se mide en la fabricación de estos alimentadores. Para antenas en bandas de frecuencias mas altas de 11 GHz, el XPD es mas grande que 36 dB entre el contorno co-polar circular de -1 dB y mas grande de 30 dB en cualquier otra parte. Las antenas de serie HSX esten disponibles dede rangos de frecuencia desde 3.4 hasta 18 GHz.

Las especificaciones técnicas de las antenas ofrecidas por ANDREW se encuentran en el Anexo 1.

1.3.4 Antenas Ofrecidas Por Gabriel Inc.

Tabla 6. Características antenas ofrecidas por Gabriel Inc.

Model	Frequency	DPE	Diameter ft (m)	Input Flanges	Reg Comp	Gain Lo Mid Hi	B/W deg	XPD	F/B dB	VSWRMax(RL) Std.(dB) Low(dB)
 SE Series Standard Parabolic Plane Polarized										
 DRFB4-64ASE	6.425-7.125GHz	4944	4 (1.2)	CPR137G	--	35.5 36.0 36.4	2.5	30.0	43.0	1.06 (30.7) N/A
 DRFB6-64BSE	6.425-7.125GHz	5594	6 (1.8)	CPR137G	A	39.6 40.1 40.5	1.5	30.0	57.0	1.05 (32.3) N/A
 DRFB8-64CSE	6.425-7.125GHz	4996	8 (2.4)	CPR137G	A	41.6 42.1 42.5	1.3	30.0	58.0	1.04 (34.2) N/A
 DRFB10-64CSE	6.425-7.125GHz	4960	10 (3.0)	CPR137G	A	43.5 44.0 44.4	1.0	30.0	60.0	1.04 (34.2) N/A
 DRFB12-64BSE	6.425-7.125GHz	4997	12 (3.7)	CPR137G	A	45.0 45.5 45.9	0.9	30.0	62.0	1.04 (34.2) N/A
 SE Series Standard Parabolic Dual Polarized										
 DD6-64DSE	6.425-7.125GHz	4999	6 (1.8)	CPR137G	A	39.5 40.0 40.4	1.5	30.0	57.0	1.07 (29.4) N/A
 DD8-64DSE	6.425-7.125GHz	5000	8 (2.4)	CPR137G	A	41.5 42.0 42.4	1.3	30.0	58.0	1.06 (30.7) N/A
 DD10-64DSE	6.425-7.125GHz	5001	10 (3.0)	CPR137G	A	43.4 43.9 44.3	1.0	30.0	60.0	1.06 (30.7) N/A
 DD12-64DSE	6.425-7.125GHz	5002	12 (3.7)	CPR137G	A	44.9 45.4 45.8	0.9	30.0	62.0	1.06 (30.7) N/A
 SE Series High Performance Plane Polarized										
 SR4-64BSE	6.425-7.125GHz	5549	4 (1.2)	CPR137G	--	35.3 35.8 36.2	2.5	28.0	58.0	1.06 (30.7) N/A
 SR6-64DSE	6.425-7.125GHz	5004	6 (1.8)	CPR137G	A, 1	38.9 39.4 39.8	1.7	30.0	66.0	1.05 (32.3) N/A
 SR8-64CSE	6.425-7.125GHz	5005	8 (2.4)	CPR137G	A, 1, 2	41.4 41.9 42.3	1.3	30.0	68.0	1.04 (34.2) N/A
 SR10-64BSE	6.425-7.125GHz	4156	10 (3.0)	CPR137G	A, 1, 2	43.3 43.8 44.2	1.0	30.0	70.0	1.04 (34.2) N/A
 SR12-64BSE	6.425-7.125GHz	5032	12 (3.7)	CPR137G	A, 1, 2	44.8 45.3 45.7	0.9	30.0	72.0	1.04 (34.2) N/A
 SE Series High Performance Dual Polarized										
 SRD6-64DSE	6.425-7.125GHz	5207	6 (1.8)	CPR137G	A, 1	38.8 39.3 39.7	1.7	30.0	66.0	1.06 (30.7) N/A

 SRD8-64CSE	6.425-7.125GHz	5374	8 (2.4)	CPR137G	A, 1	41.3	41.8	42.2	1.3	30.0	68.0	1.06 (30.7)	N/A
 SRD10-64CSE	6.425-7.125GHz	5516	10 (3.0)	CPR137G	A, 1	43.2	43.7	44.1	1.0	30.0	70.0	1.06 (30.7)	N/A
 SRD12-64CSE	6.425-7.125GHz	5209	12 (3.7)	CPR137G	A, 1, 2	44.7	45.2	45.6	0.9	30.0	72.0	1.06 (30.7)	N/A
 SE Series, Ultra High Performance Dual Polarized													
 UOF6-64DSE	6.425-7.125GHz	5211/5212	6 (1.8)	CPR137G	A, 1	38.8	39.3	39.7	1.7	33.0	76.0	1.06 (30.7)	N/A
 UOF8-64CSE	6.425-7.125GHz	5213/5214	8 (2.4)	CPR137G	A, 1	41.3	41.8	42.2	1.3	33.0	80.0	1.06 (30.7)	N/A
 UOF10-64CSE	6.425-7.125GHz	5215/5216	10 (3.0)	CPR137G	A, 1	43.2	43.7	44.1	1.0	33.0	80.0	1.06 (30.7)	N/A
 UOF12-64CSE	6.425-7.125GHz	5217/5218	12 (3.7)	CPR137G	A, 1, 2	44.7	45.2	45.6	0.9	33.0	81.0	1.06 (30.7)	N/A
 SE Series, Ultra High Performance High XPD Dual Polarized													
 UOF6X-64DSE	6.425-7.125GHz	5826/5827	6 (1.8)	CPR137G	A, 1	38.8	39.3	39.7	1.7	40.0	76.0	1.06 (30.7)	N/A
 UOF8X-64CSE	6.425-7.125GHz	5828/5829	8 (2.4)	CPR137G	A, 1	41.3	41.8	42.2	1.3	40.0	80.0	1.06 (30.7)	N/A
 UOF10X-64DSE	6.425-7.125GHz	5830/5831	10 (3.0)	CPR137G	A, 1, 2	43.2	43.7	44.1	1.0	40.0	80.0	1.06 (30.7)	N/A
 UOF12X-64DSE	6.425-7.125GHz	5832/5833	12 (3.7)	CPR137G	A, 1, 2	44.7	45.2	45.6	0.9	40.0	81.0	1.06 (30.7)	N/A

1.3.5 Equipo Nera INTERLINK. *INTERLINK* provee soluciones versátiles de red de radio *trunking*. *Interlink* es una solución altamente escalable y expandible para soluciones de red de gran distancia.

Interlink ofrece la manera más rápida para establecer una infraestructura para:

- Centros de conmutación tanto para líneas fijas como para operadores móviles.
- Emisión/ Distribución de redes de transmisión para un transporte fiable y de alto rendimiento de señales DAB / DVB.
- Central de ATM y redes regionales de STM-1, y conveniente o sobresaliente en las recomendaciones internacionales de rendimiento.
- Cierre de anillo y enlace de respaldo para servicios críticos.

El sistema *INTERLINK* posee las siguientes características:

- Máxima adaptabilidad e integración a módulos altos.
- Capacidad larga y soluciona el problema de escasez de ancho de banda al operar en un co – canal de configuración que efectivamente dobla el tráfico de los canales en la misma frecuencia.

- Rendimiento fiable, transmisión continua debido a un sistema de conmutación automático de radio protección.

Características:

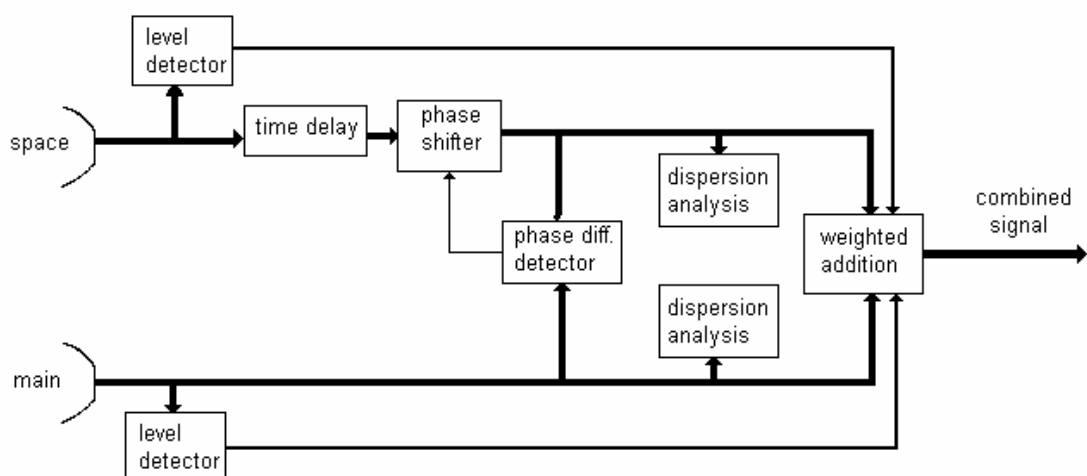
- Más de ocho STM – 1 *transceivers* pueden ser instalados en un *rack* de 600 mm.
- Fácil de expandir.
- Control automático de transmisión de poder (ATPC).
- Cancelador de Interferencias Cross Polares (XPIC).
- Operación del co-canal STM – 1 a 155 Mbit/s.
- Efectivas configuraciones N +1 con criterio de conmutación basado en advertencias pre – error, advertencias tempranas y alarmas BER.
- Combina *Space Diversity* con una compensación de tiempos automática.
- Manejo poderoso de soluciones con punto fijo y mantenimiento basado en *Nera element view-network management system* (NEW NMS).
- Enrutador IP incluido para propósito general en implementaciones de red DCN.

Características Del Sistema Para *Space Diversity* (SD).

El principio de combinacion que se utiliza para el equipo NERA se muestra en la siguiente figura.

El setpoint se determina por la medicion de ambos niveles (nivel de deteccion) y la senal espectralada (analisis de dispersion). El valor de dispersion es encontrado al mirar los tres diferentes detectores de bajas, medias y altas frecuencias.

Figura 6. Sistema para *Diversity Reception*



FRECUENCIAS DE LOS CANALES

ITU – R F 384 – 8 rec. 1 CEPT 14-02 annex 1a
340 MHz Duplex Spacing, 40 MHz channel spacing

$$f_n = f_o - 350 + 40 n \text{ MHz}$$

$$f'_n = f_o - 10 + 40 n \text{ MHz}$$

where: $n = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8$ and $f_o = 6\,770 \text{ MHz}$

Tabla 7. Frecuencias de los canales (6.4 – 7.1 Ghz)

Lower half		
Channel spacing		XCVR unit
40 MHz		
Ch #	Freq. (MHz)	
1	6460,00	Sub – band L1
2	6500,00	
3	6540,00	
4	6580,00	
5	6620,00	Sub – band L2
6	6660,00	
7	6700,00	
8	6740,00	

Upper half		
Channel spacing		XCVR unit
40 MHz		
Ch #	Freq. (MHz)	
1'	6800,00	Sub – band U1
2'	6840,00	
3'	6880,00	
4'	6920,00	
5'	6960,00	Sub – band U2
6'	7000,00	
7'	7040,00	
8'	7080,00	

1.3.6 Equipo Ericsson Mini Link. Ericsson ofrece un completo rango de manejo, transmisiones de extremo a extremo, y servicios que cubren el rango completo de redes fijas, móviles e híbridas.

Esto permite migrar, modernizar y optimizar las redes instaladas de una manera costo – efectiva, paso por paso, además posee las siguientes características:

- **Rápido desenrollamiento:** Independiente de la infraestructura de transporte existente, las microondas son la vía más rápida de transmisión por tierra.
- **Capacidad apropiada:** Las transmisiones de microondas están disponibles para cualquier capacidad de transporte, desde 2 Mbps hasta los 1150 Mbps.
- **Fiabilidad:** el transporte por microondas es confiable y predecible, la disponibilidad del circuito es un factor del dimensionamiento y la selección de los mecanismos apropiados de protección

La familia Mini – Link un elemento de manejo de red, *Mini – Link manager*, que puede ser usado para manejar todos los productos en el rango, en redes de niveles regionales o nacionales. Desde una simple pantalla usted puede manejar toda la red de transmisión microondas, con poderosas funciones para configuración, desarrollo, fallas y manejo de seguridad. *El Mini – Link manager* puede ser usado como un sistema solitario o integrado con sistemas de mas alto nivel de red.

El rango de Mini – Link incluye un sistema de radio compacto de microondas para voz y transmisión de datos hasta 2 x 155 Mbps, en las bandas de frecuencia desde 7 – 38 GHz. Todas las interfaces utilizadas por el equipo cumplen con los estándares internacionales.

Mini – Link ofrece una vía para los enlaces de voz y datos de la empresa, pero sin los altos costos y la inflexibilidad de las líneas fijas. El sistema ofrece alta confiabilidad, rapidez y flexibilidad para proveer conexiones Ethernet sobre el mismo enlace microondas usado para el tráfico telefónico.

2. GEOGRAFIA Y CONDICIONES CLIMATICAS

Para el enlace requerido se planifico contar con tres estaciones, ubicadas en Kozara, Vlašić y Hum. Desde Kozara se realizara el enlace con Moslovačka Gora que se encuentra en territorio croata y además se tiene pensado realizar un enlace con Banja Luka, capital política de la Republica Srpska que se encuentra ubicada en Bosnia y Herzegovina. Hum es un cerro cercano a Sarajevo y desde allí ya existen enlaces de microondas con la ciudad.

Tabla 8. Localización de las estaciones

Ciudad	Latitud	Longitud	Altura
KOZARA	16°58' 33.0"	44°58' 21.0"	947 m
VLAŠIC	17°38' 14.0"	44°17' 33.0"	1947 m
HUM	18°23' 12.0"	43°52' 25.0"	750 m

2.1 ESTACION KOZARA

Figura 7. Vista panorámica Kozara



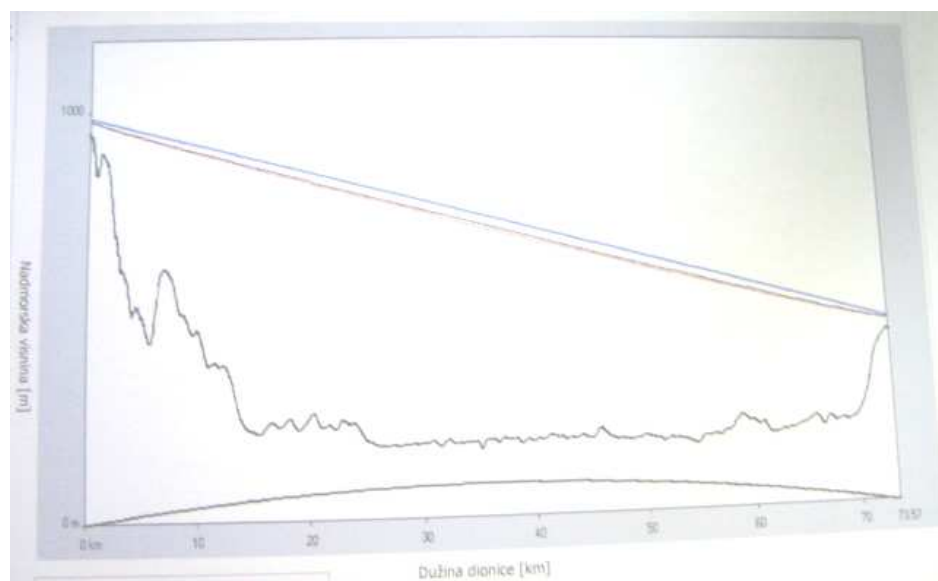
Kozara Es un lugar montañoso ubicado en la parte noroeste de Bosnia y Herzegovina, parte administrativa de la Republica Srpska, rodeado por los ríos Sava, Vrbas, Sana y Una. El pico mas alto de esta región es Lisina, y en este lugar se instaló la estación para el enlace.

Figura 8. Torre estación Kozara



Uno de los factores críticos cuando se manejan enlaces microondas, es que se cuente con línea de vista y no se tengan obstáculos en la primera y segunda zona de Fresnel.

Figura 9. Línea de Vista Kozara – Moslovačka Gora



2.2 ESTACION VLAŠIC

Figura 10. Vista Panorámica Vlašic

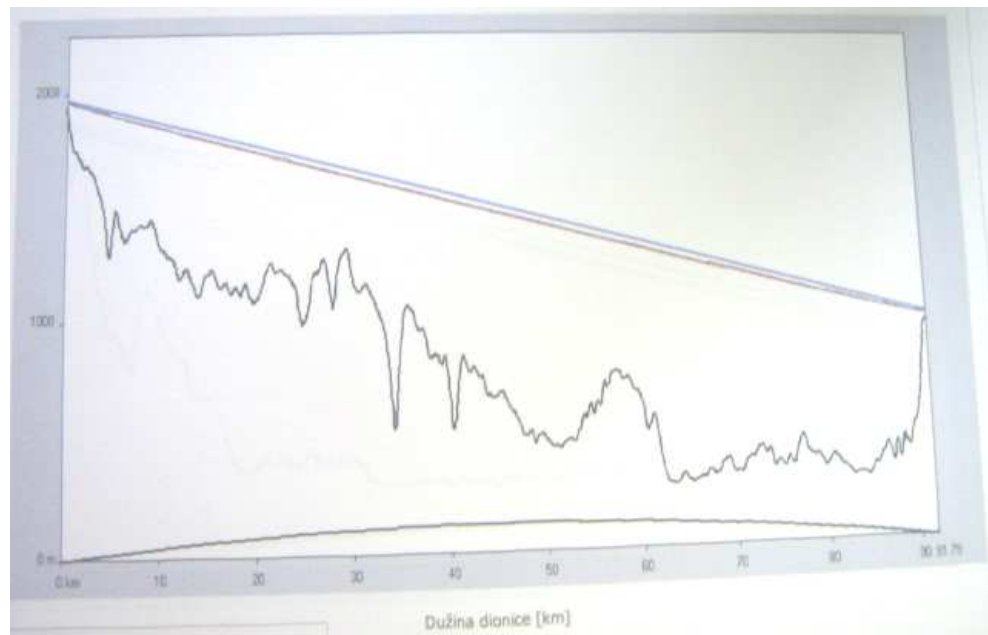


Vlašic es una zona montañosa, que contiene uno de los picos más altos de los Balcanes, la estación se ubico en un reconocido pico, donde actualmente se encuentran la mayoría de las estaciones de radio – difusión. El promedio de temperaturas en invierno es de 1 °C y de verano de 14.2 °C.

Figura 11. Torre Estacion Vlašic

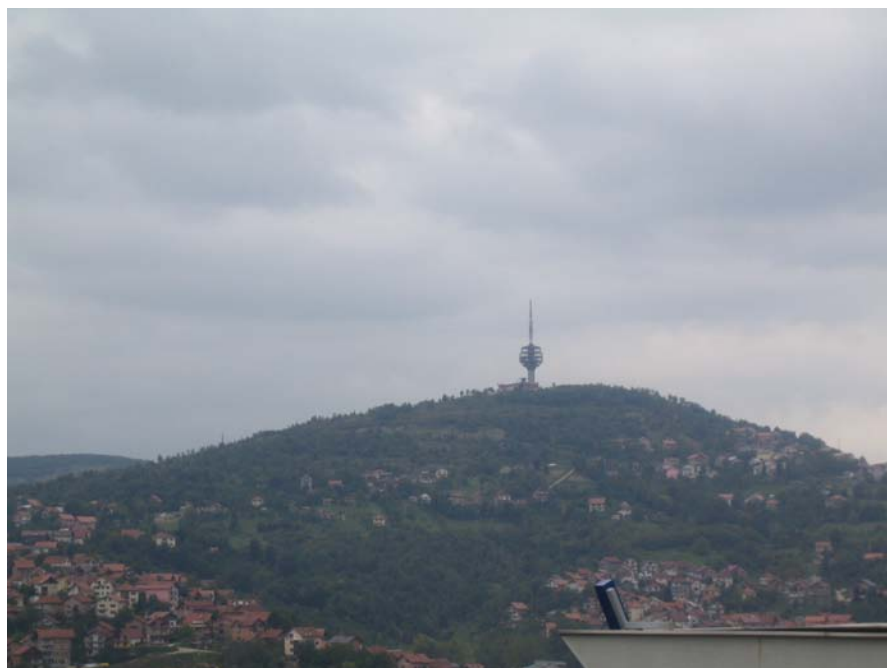


Figura 12. Linea de Vista Vlašić - Kozara



2.3 ESTACION HUM

Figura 13. Vista Panorámica Hum



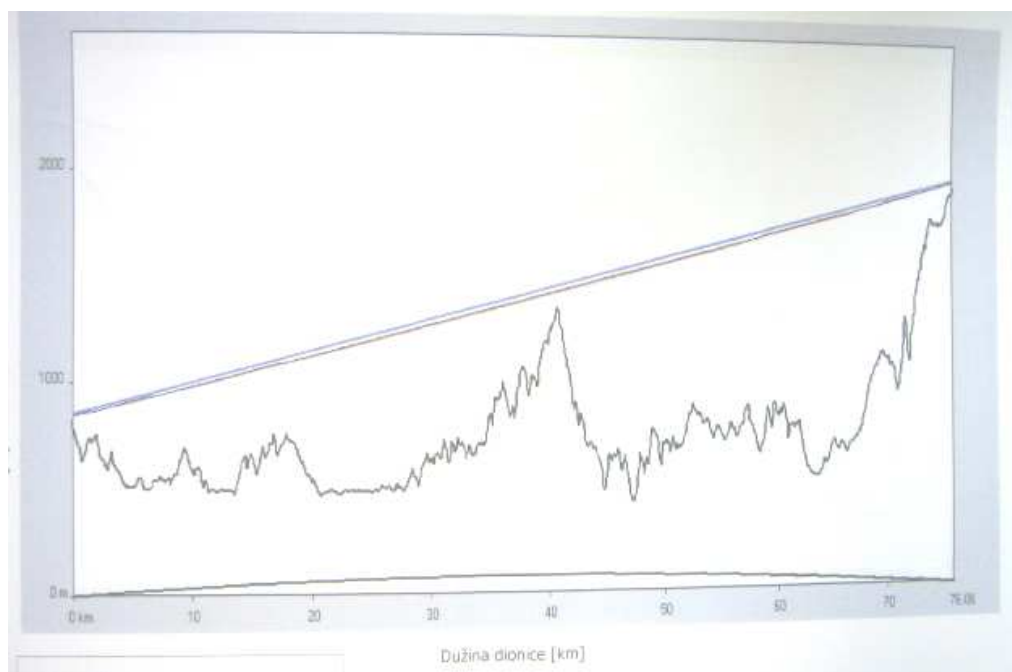
Hum es una de las montañas que rodea a la ciudad de Sarajevo, se encuentra al norte de la ciudad y en ella esta instalada una torre de Telecomunicaciones,

que brinda espacio para instalar los equipos de telecomunicaciones, desde aquí ya existen enlaces con diferentes partes de la ciudad.

Figura 14. Torre estación Hum.



Figura 15. Línea de Vista Hum - Vlačić



3. COMPARACION DE SOLUCIONES

De acuerdo a las especificaciones técnicas que brindan los fabricantes sobre sus productos, se encontraron las siguientes ventajas y desventajas, de acuerdo a los requerimientos del proyecto.

3.1 MICROWAVE RADIO COMMUNICATIONS.

Ventajas:

- Fácil instalación y manejo.
- Facilidad en el transporte.
- No requiere de infraestructura para su instalación.

Desventajas:

- No están destinadas para ser enlaces permanentes.
- El alcance de las antenas es relativamente corto.
- No están diseñadas para climas extremos.
- El ancho de haz es muy grande para nuestra aplicación.

3.2 ARA INC.

Ventajas:

- Diseñadas para resistir climas extremos y variantes.
- La ganancia de las antenas es la adecuada para el proyecto.

Desventajas:

- Dificultad en la adquisición, al carecer de proveedores cercanos.
- Son antenas para enlaces semipermanentes.
- Alto costo.

3.3 ANDREW.

Ventajas:

- Son antenas para enlaces permanentes.
- Diseñadas para resistir climas extremos y variantes.
- Proveedores cercanos.
- La ganancia de las antenas es la adecuada para el proyecto.
- Poseen doble polarización.

Desventajas:

- Alto costo.

3.4 GABRIEL INC.

Ventajas:

- Son antenas para enlaces permanentes.
- Diseñadas para resistir climas extremos y variantes.
- La ganancia de las antenas es la adecuada para el proyecto.
- Poseen doble polarización.

Desventajas:

- Alto costo.
- No se cuenta con proveedores cercanos.

Por la anterior comparación, se elige como mejor opción las antenas ofrecidas por ANDREW, cabe aclarar que la elección de estas antenas y del resto de los equipos utilizados para el proyecto la realiza la empresa internacional encargada de todo el enlace a través de los Balcanes, MIBO komunikacije d.o.o solo genera sugerencias al respecto, pero la decisión final corre por cuenta de dicha empresa internacional.

3. 5 INTERLINK VS MINI - LINK

Para elegir el equipo que se utilizara en las estaciones se tuvo en cuenta los siguientes requisitos:

- Contar con un sistema de *Diversity Reception* para cuando se aplica la técnica de *Space Diversity*.
- Poseer centros de conmutación tanto para líneas fijas como para operadores móviles.
- Rendimiento fiable.
- Optimización del ancho de banda.
- Que ocupe poco espacio.
- Familiaridad con las antenas que se escojan.
- Disponibilidad de los equipos y transporte en un corto tiempo.

Para nuestro proyecto se eligió el equipo de NERA INTERLINK, los últimos tres requisitos fueron fundamentales a la hora de elegir la solución planteada como la ideal, se contaba con poco espacio para la instalación de los equipos *Indoor*, o los equipos bajo techo con los cuales se configura el enlace, los proveedores de las antenas, contaba con el equipo, por lo que el transporte de todos los elementos necesarios se haría en un mismo viaje, ahorrando costos y tiempo para la realización del proyecto.

4. INSTALACION E IMPLEMENTACION

En los enlaces entre Kozara y Vlačić se utiliza una configuración 1 + 1, debido a que la distancia que los separa es superior a 90 Km, por lo que se utiliza una configuración con un canal de respaldo, para ello se utilizan técnicas de *Space Diversity* que se explican mas adelante.

Para los otros enlaces la configuración es 1 + 0, al ser distancias relativamente cortas no se necesita contar con un canal de respaldo.

El tipo y diámetro de las antenas también se vio influenciado por la característica del enlace entre Kozara – Vlačić, porque para este enlace las antenas no superan los 1.5 metros de diámetro, debido a que se transmiten por dos espacios, las antenas son de alta eficiencia y de bajo ancho de haz. Para los otros enlaces las antenas son de 3 metros, debido a que se transmite por un solo espacio.

Los canales que se eligen para transmitir dependen de los permisos que le entreguen a la empresa, por parte de la entidad que regula las telecomunicaciones en el país.

4.1 ESTACION KOZARA

Se utilizó un equipo de operación SDH de marca NERA link split mount IDU – ODU, con un rango de frecuencias entre 6.4 – 7.1 GHz U6 STM-1, en configuración 1 + 0, utilizando una antena ANDREW HPX – 8 – 65 para el enlace con Moslovačka Gora y para el enlace con Vlačić en configuración 1 +1 con una antena primaria ANDREW HPX – 6 – 65 y una antena NERA 12HXP64A – 2 – F como antena secundaria.

Figura 16. Ensamble de antenas



Las polarizaciones de los enlaces respectivos son los siguientes:

Kozara – Moslovačka Gora: 6', 8' (7.0 – 7.08 GHz) Vertical y 5', 7' (6.96 – 7.04) Horizontal.

Kozara – Vlašić: 6', 8' (7.0 – 7.08 GHz) Vertical y 5', 7' (6.96 – 7.04) Horizontal.

En el enlace entre Kozara y Vlašić se utilizó la técnica de *Space Diversity*, debido a que es un tramo que supera los 90 Km, y se debe contar con alguna técnica de *Diversity Reception* para garantizar la fiabilidad del enlace.

Además de tener una técnica de *Diversity Reception*, también debe existir una técnica de *Diversity Combining* para combinar las diferentes señales que se reciben en un sola, pero mejorada.

Dentro de estas técnicas se encuentran *selection combining*, *switched combining*, *equal gain combining* y *maximal ratio combining*.

Figura 17. Instalación de antenas Estación Kozara



Figura 18. Antenas instaladas en la estación Kozara



Figura 19. Espacio para instalación de unidades interiores, estación Kozara



4.2 ESTACION VLAŠIC

Se utilizó un equipo de operación SDH de marca NERA link split mount IDU – ODU, con un rango de frecuencias entre 6.4 – 7.1 GHz U6 STM-1, en configuración 1 + 0, utilizando una antena ANDREW HPX – 8 – 65 para el enlace con Hum y para el enlace con Kozara se utilizó configuración 1 +1 con una antena ANDREW HPX – 6 – 65 primaria y una antena NERA 12HXP64A – 2 – F como antena secundaria.

Figura 20. Estación Vlašic



Las polarizaciones de los enlaces respectivos son los siguientes:

Vlašic – Kozara: 6', 8' (7.0 – 7.08 GHz) Vertical y 5', 7' (6.96 – 7.04) Horizontal.

Vlašic – Hum: 6', 8' (7.0 – 7.08 GHz) Vertical y 5', 7' (6.96 – 7.04) Horizontal.

Figura 21. Antenas instaladas en la estación Vlašić



Figura 22. Espacio para instalación de unidades interiores, estación Vlašić



4.3 ESTACION HUM

Se utilizó un equipo de operación SDH de marca NERA link split mount IDU – ODU, con un rango de frecuencias entre 6.4 – 7.1 GHz U6 STM-1, en configuración 1 + 0, utilizando una antena ANDREW HPX – 8 – 65 para el enlace con Vlašic.

La polarización de este enlace es la siguiente:

Hum – Vlašic: 6', 8' (7.07 – 7.08 GHz) Vertical y 5', 7' (6.96 – 7.04 GHz) Horizontal.

Figura 23. Instalación de antenas estación Hum



Figura 24. Antena instalada estacion Hum



Figura 25. Espacio para instalación de unidades interiores, estación Hum



5. CONCLUSIONES

- La elección de utilizar una técnica de *Space Diversity* para el enlace Kozara – Vlašić, fue fundamental para el buen funcionamiento del proyecto, sin esta opción el enlace corría el riesgo de caerse en cualquier momento por la gran distancia que existía entre los dos puntos y las condiciones climatológicas adversas que posee la región.
- La planeación del proyecto fue vital a la hora de evitar traumatismos en el desarrollo del mismo, la ubicación de los espacios, los cronogramas planteados, el manejo del personal y las bases teóricas, permitieron un ritmo constante en la realización del proyecto.
- Las antenas escogidas y la configuración seleccionada para cada uno de los enlaces cumplieron con todos los requisitos previos y con las predicciones de funcionamiento, cumpliendo con las expectativas que se generaron en la planeación del proyecto.
- La recopilación teórica previa fue una base fundamental para afrontar la instalación de las antenas, sirvió de apoyo para que estas tareas prácticas se hicieran de una manera más práctica y eficiente, ahorrando costos en tiempo y desplazamiento del personal.
- Al ser un proyecto internacional, de gran importancia para la empresa y de alta relevancia para mi carrera, fue necesario realizar todos los esfuerzos posibles para llegar a un feliz termino, la experiencia adquirida es la mejor recompensa a dichos esfuerzos.
- El vivir un ambiente laboral extranjero, te permite determinar las falencias y virtudes que existen en tu país, de esta manera mejorar esos puntos débiles y afianzar los aspectos en los que tienes ventaja.

BIBLIOGRAFIA

Antenas [en línea]. Valencia: Universidad Politécnica De Valencia, 2006. [consultado el 24 de agosto de 2006]. Disponible en Internet: <http://www.upv.es/antenas/>.

Idjeni Projekat, Digitalnog Radio-Relejnog (Rr) Prenosa: Moslovačka Gora – Kozara – Vlašić – Hum. Sarajevo: MIBO Komunikacije, 2005. 75 p.

Manual de radiodifusión [en línea]. Madrid: Kinoki, 2004. [consultado el 6 de septiembre de 2006]. Disponible en Internet: <http://tecnicaaudiovisual.kinoki.org/radi/manualderadio.htm>

Recomendación G.707 [en línea]. Ginebra: UIT – T, 2006. [consultado el 31 de agosto de 2006]. Disponible en Internet: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G/e>

Recomendación G.708 [en línea]. Ginebra: UIT – T, 1999. [consultado el 31 de agosto de 2006]. Disponible en Internet: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G/e>

SDH (Jerarquía Digital Sincrona) [en línea]. Buenos Aires: Ingeniero Adrián Luque, 1997. [consultado el 20 de septiembre de 2006]. Disponible en Internet: <http://www.monografias.com/trabajos15/jerarquia-digital/jerarquia-digital.shtml>.

SDH Telecommunications Standard Primer [en línea]. Beaverton: Tek, 2001. [consultado el 15 de septiembre de 2006] Disponible en Internet: <http://www.tek.com/measurement/App-Notes/sdhprimer/>.

Synchronous Digital Hierarchy (SDH), [en línea]. Chicago: IEC (International Engineering Consortium), 1994. [consultado el 20 de septiembre de 2006]. Disponible en Internet: <http://www.iec.org/online/tutorials/sdh/>

Zona De Fresnel, [en línea]. Madrid: Wikipedia, 2007 [consultado el 22 de septiembre de 2006]. Disponible en Internet: http://es.wikipedia.org/wiki/Zona_de_Fresnel

ANEXOS

Anexo A. Antenas ofrecidas por nera y andrew

ANTENA NERA 12 HXP64A – 2 – F

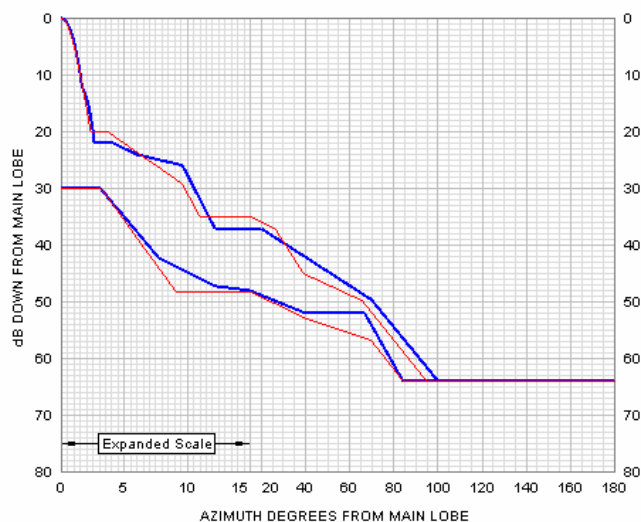
Antenna Type:	High X Performance
Polarization:	Dual
Radome:	Flexible
Diameter:	1,2 m
Frequency Range:	6,425 – 7,125 GHz
Gain:	
Low:	36,2
Cent:	36.6
High:	37,1
Vswr <=	1,06
-3 dB+-	1,3
X – Pol	36
F/B:	70

ANTENA HPX6 – 65

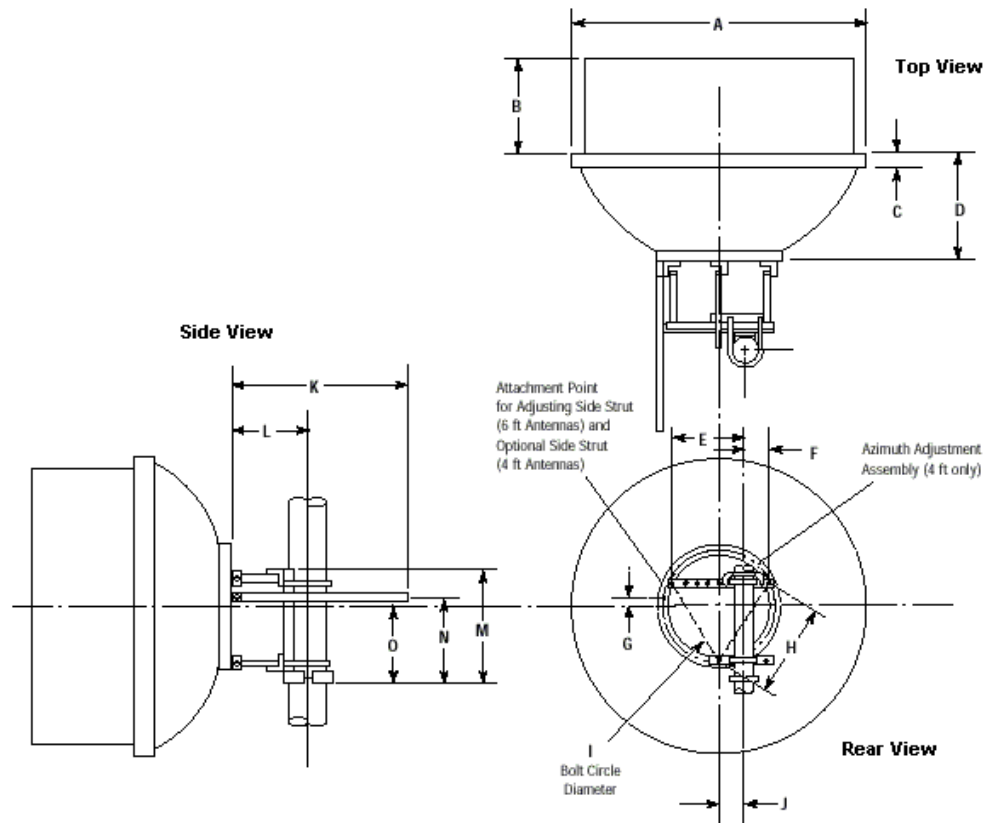
Especificaciones técnicas antenna HPX6 – 65

Antenna Specifications	
Frequency, GHz	6.425 - 7.125 GHz
Part Number	HPX6-65
Description	6 ft. high performance antenna for 6.425-7.125 GHz with dual pol. feed
Feed Input Options	CPR137G, PDR70
Radome Options	Hypalon, Teglar
Polarization	Dual
Regulatory Compliance	U.S. FCC 101B, U.S. FCC 74B, ETSI Class 2, ETSI Gain 2
Gain, Low, dBi	39.10
Gain, Mid, dBi	39.50
Gain, Top, dBi	39.90
Beamwidth, deg.	1.70
Cross. Pol. Disc, dB	30.00
F/B Ratio, dB	64.00
VSWR max.	1.07
Return Loss, dB	29.40

Envelope for a Horizontally Polarized Antenna (HH, HV)
Envelope for a Vertically Polarized Antenna (VV, VH)



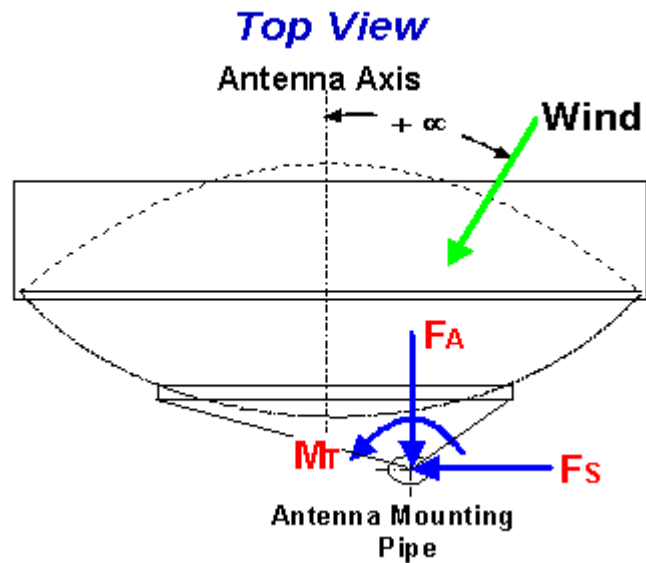
HPX6-65 Antenna - Radiation Pattern Envelope



HPX6-65 Antenna - Outline Dimensions
Antenna Dimensions in inches (mm)

Dimension Name	Dimension Value, in	Dimension Value, mm
A	76.50	1945.00
B	35.25	895.00
C	3.75	95.00
D	13.25	335.00
E	19.60	500.00
F	6.90	175.00
G	2.25	55.00
H	26.50	675.00
I	30.60	780.00
J	6.40	160.00
K	84.75	2155.00

L	11.62	295.00
M	29.00	735.00
N	21.50	545.00
O	19.25	490.00



HPX6-65 Antenna - Wind Forces

Especificaciones técnicas adicionales

Wind Forces at 125 mph (200 km/h)	
Axial Force, F_A lb (N)	1427 (6348)
Side Force, F_S lb (N)	707 (3144)
Moment, M_T lb-ft (Nm)	-1681 (-2209)
Angle α For M_T Max	-110
Antenna Packed Weights (Gross) and Dimensions (Single Unit Pack)	
Gross Weight, lb (kg)	680.00 (308.00)
Length, in (mm)	82.00 (2070.00)
Width, in (mm)	35.00 (880.00)
Height, in (mm)	83.00 (2100.00)

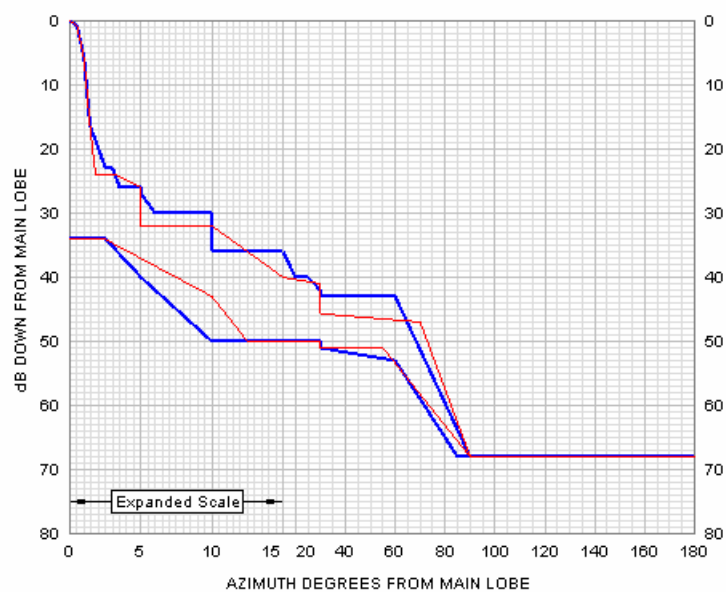
ANTENA HPX8 - 65

Especificaciones técnicas antenna HPX8-65

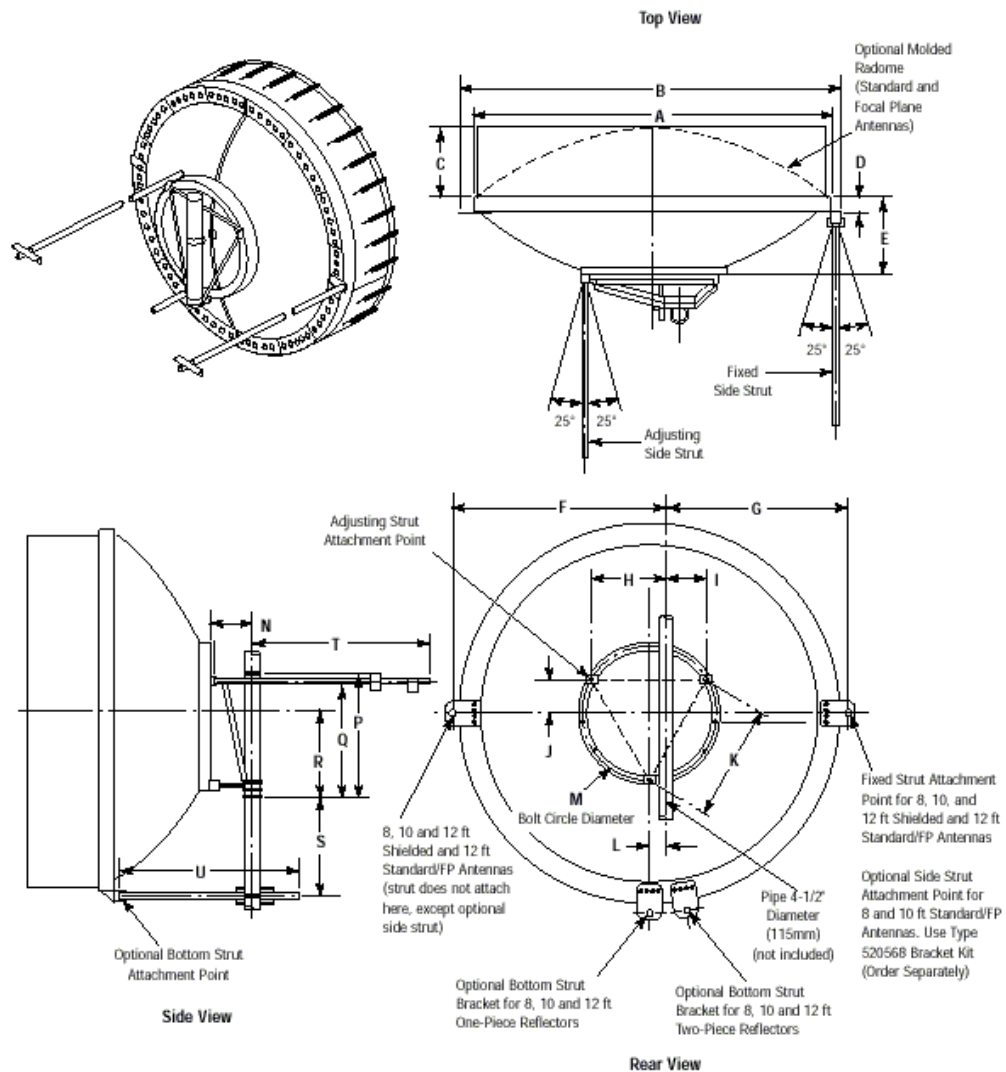
Antenna Specifications	
Frequency, GHz	6.425 - 7.125 GHz
Part Number	HPX8-65
Description	8 ft. high performance antenna for 6.425-7.125 GHz with dual pol. feed
Feed Input Options	CPR137G, PDR70
Radome Options	Hypalon, Teglar
Polarization	Dual
Regulatory Compliance	U.S. FCC 101A, U.S. FCC 74A, ETSI Class 2, ETSI Gain 2
Gain, Low, dBi	41.60
Gain, Mid, dBi	42.00
Gain, Top, dBi	42.40
Beamwidth, deg.	1.30
Cross. Pol. Disc, dB	34.00
F/B Ratio, dB	68.00
VSWR max.	1.06
Return Loss, dB	30.70

Envelope for a Horizontally Polarized Antenna (HH, HV)

Envelope for a Vertically Polarized Antenna (VV, VH)



HPX8-65 Antenna - Radiation Pattern Envelope

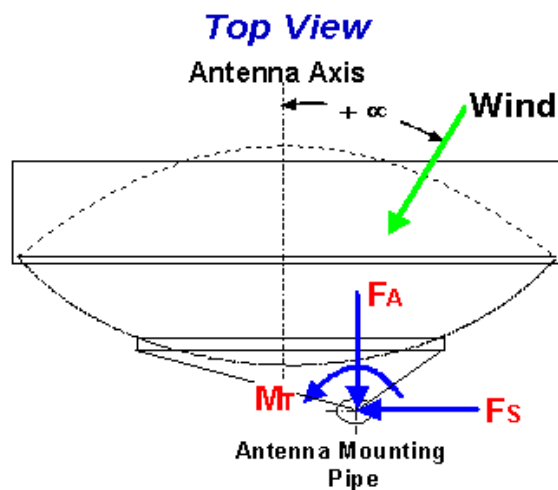


HPX8-65 Antenna - Outline Dimensions

Antenna Dimensions in inches (mm)

Dimension Name	Dimension Value, in	Dimension Value, mm
A	100.50	2555.00
B	106.50	2705.00
C	41.75	1060.00
D	5.00	125.00
E	15.50	395.00
F	59.75	1520.00
G	43.25	1110.00
H	26.75	680.00
I	10.75	275.00

J	10.75	275.00
K	37.50	950.00
L	8.00	200.00
M	43.25	1100.00
N	13.00	330.00
O		
P	37.50	950.00
Q	35.25	895.00
R	24.50	625.00
S	27.25	695.00
T	120.00	3050.00
U	60.00	1525.00



HPX8-65 Antenna – Wind Forces

Especificaciones técnicas adicionales

Wind Forces at 125 mph (200 km/h)

Axial Force, F_A lb (N)	2537 (11284)
Side Force, F_S lb (N)	1257 (5590)
Moment, M_T lb-ft (Nm)	-3615 (-4901)
Angle α For M_T Max	-110

Antenna Packed Weights (Gross) and Dimensions (Single Unit Pack)

Gross Weight, lb (kg)	1017.00 (461.00)
Length, in (mm)	107.00 (2710.00)
Width, in (mm)	48.00 (1200.00)
Height, in (mm)	99.00 (2520.00)

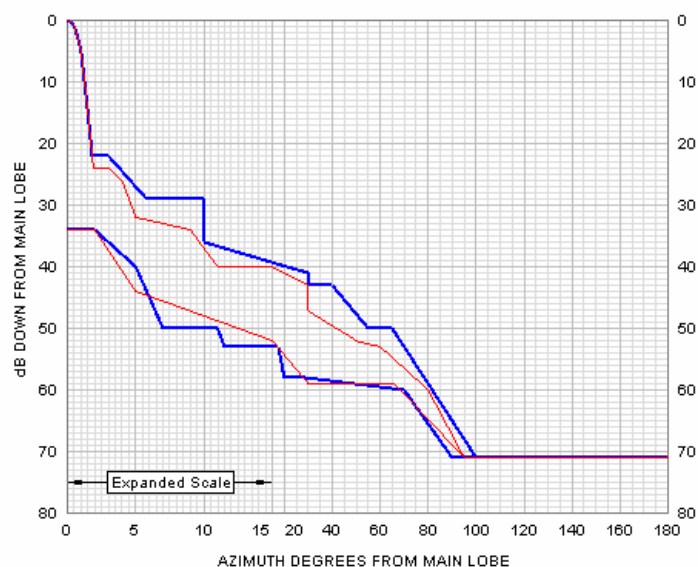
ANTENA HPX10 - 65

Especificaciones técnicas antenna HPX10-65

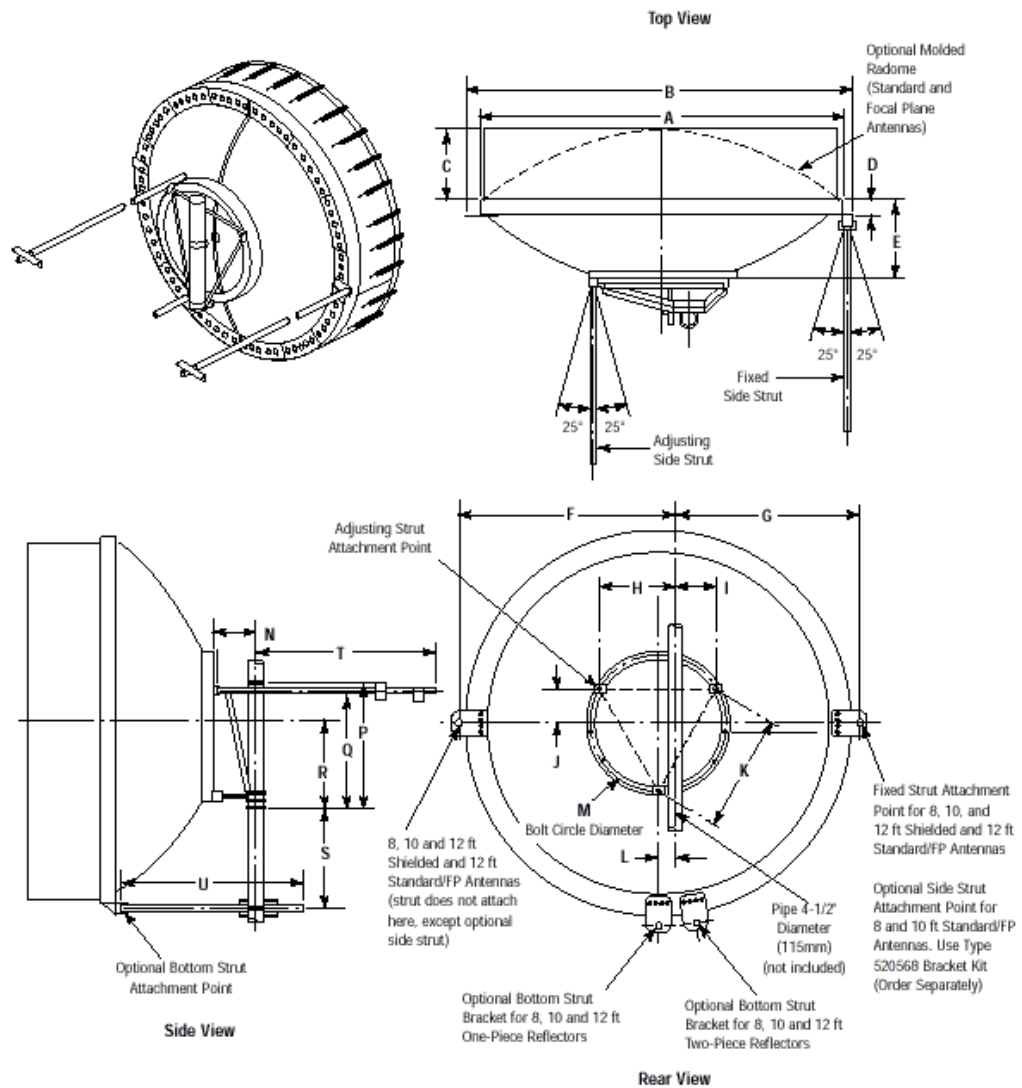
Antenna Specifications	
Frequency, GHz	6.425 - 7.125 GHz
Part Number	HPX10-65
Description	10 ft. high performance antenna for 6.425-7.125 GHz with dual pol. feed
Feed Input Options	CPR137G, PDR70
Radome Options	Hypalon, Teglar
Polarization	Dual
Regulatory Compliance	U.S. FCC 101A, U.S. FCC 74A, ETSI Class 3, ETSI Gain 2
Gain, Low, dBi	43.60
Gain, Mid, dBi	44.00
Gain, Top, dBi	44.40
Beamwidth, deg.	1.00
Cross. Pol. Disc, dB	34.00
F/B Ratio, dB	70.00
VSWR max.	1.06
Return Loss, dB	30.70

Envelope for a Horizontally Polarized Antenna (HH, HV)

Envelope for a Vertically Polarized Antenna (VV, VH)



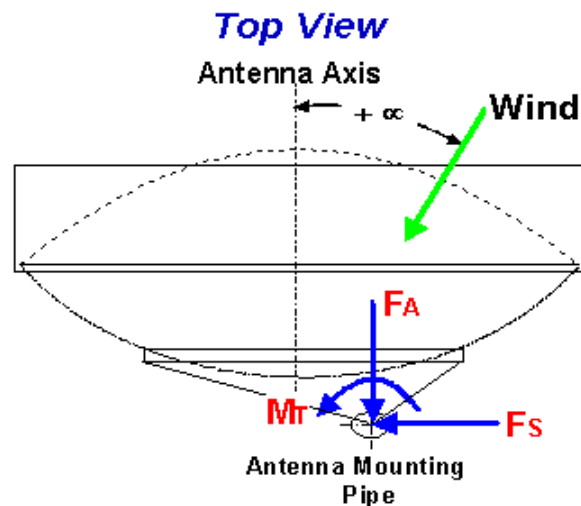
HPX10-65 Antenna - Radiation Pattern Envelope



HPX10-65 Antenna - Outline Dimensions
Antenna Dimensions in inches (mm)

Dimension Name	Dimension Value, in	Dimension Value, mm
A	124.50	3160.00
B	130.50	3315.00
C	31.50	800.00
D	5.50	140.00
E	24.25	615.00
F	71.75	1820.00
G	55.75	1415.00
H	26.75	680.00
I	10.75	275.00

J	10.75	275.00
K	37.50	950.00
L	8.00	200.00
M	43.25	1100.00
N	13.00	330.00
O		
P	37.50	950.00
Q	35.25	895.00
R	24.50	625.00
S	39.25	1000.00
T	120.00	3050.00
U	60.00	1525.00



HPX10-65 Antenna - Wind Forces

Especificaciones técnicas adicionales

Wind Forces at 125 mph (200 km/h)

Axial Force, F_A lb (N)	3964 (17632)
Side Force, F_S lb (N)	1964 (8734)
Moment, M_T lb-ft (Nm)	-6365 (-8630)
Angle α For M_T Max	-110

Antenna Packed Weights (Gross) and Dimensions (Single Unit Pack)

Gross Weight, lb (kg)	1195.00 (542.00)
Length, in (mm)	129.00 (3280.00)
Width, in (mm)	90.00 (2290.00)
Height, in (mm)	98.00 (2490.00)

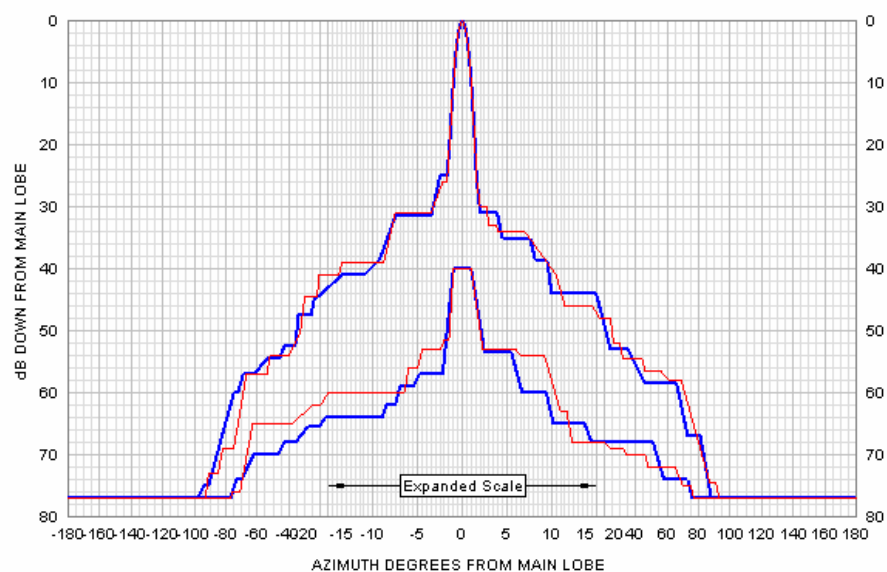
ANTENA HSX10 – 64

Especificaciones técnicas antenna HSX10 - 64

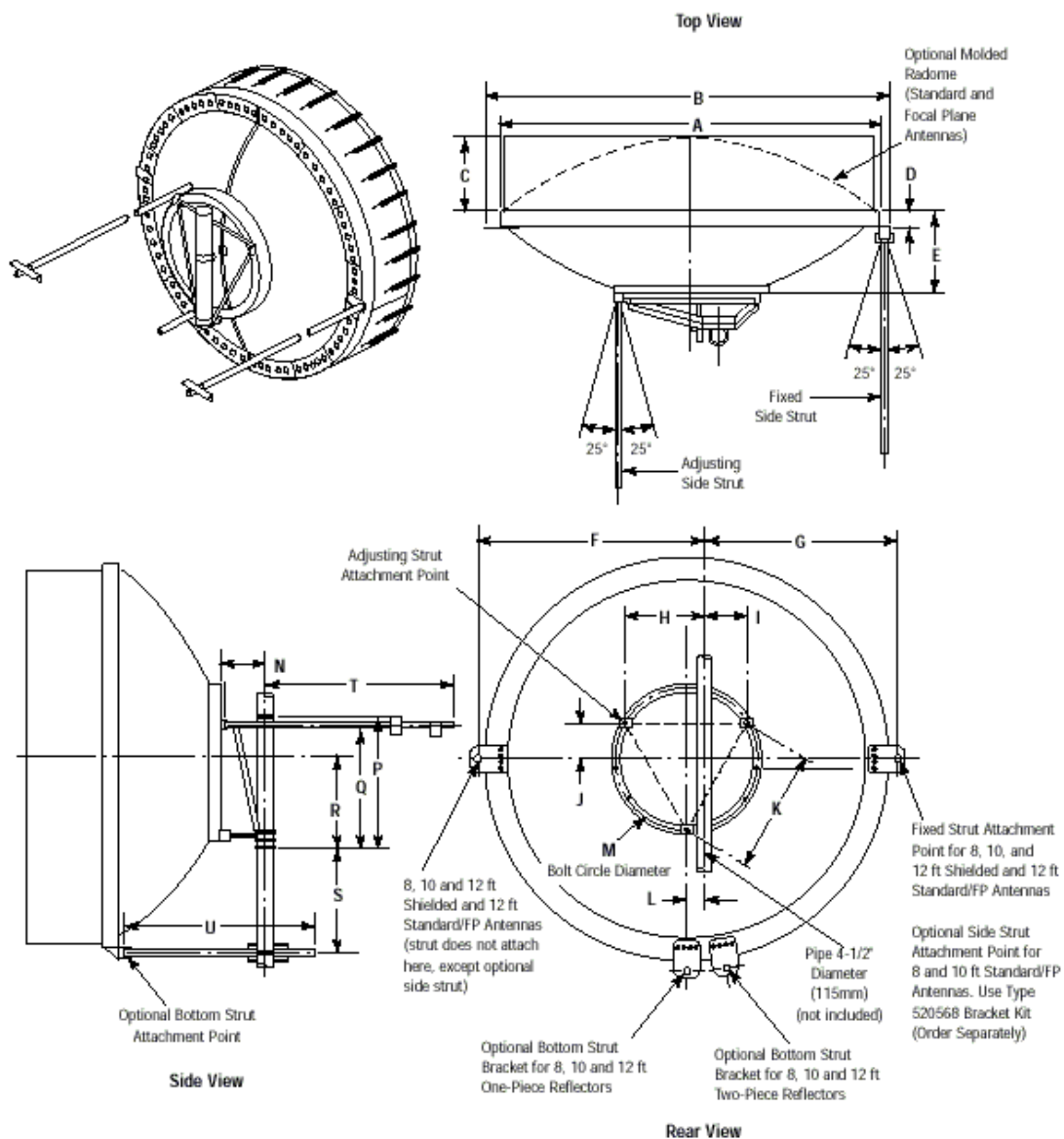
Antenna Specifications	
Frequency, GHz	6.425 - 7.125 GHz
Part Number	HSX10-64
Description	10 ft. high performance antenna for 6.425-7.125 GHz dual pol.
Feed Input Options	CPR137G, PDR70
Radome Options	Hypalon, Teglar
Polarization	Dual
Regulatory Compliance	U.S. FCC 101A, U.S. FCC 74A, ETSI Class 3, ETSI Gain 2
Gain, Low, dBi	43.20
Gain, Mid, dBi	43.60
Gain, Top, dBi	44.00
Beamwidth, deg.	1.00
Cross. Pol. Disc, dB	40.00
F/B Ratio, dB	77.00
VSWR max.	1.06
Return Loss, dB	30.70

Envelope for a Horizontally Polarized Antenna (HH, HV)

Envelope for a Vertically Polarized Antenna (VV, VH)



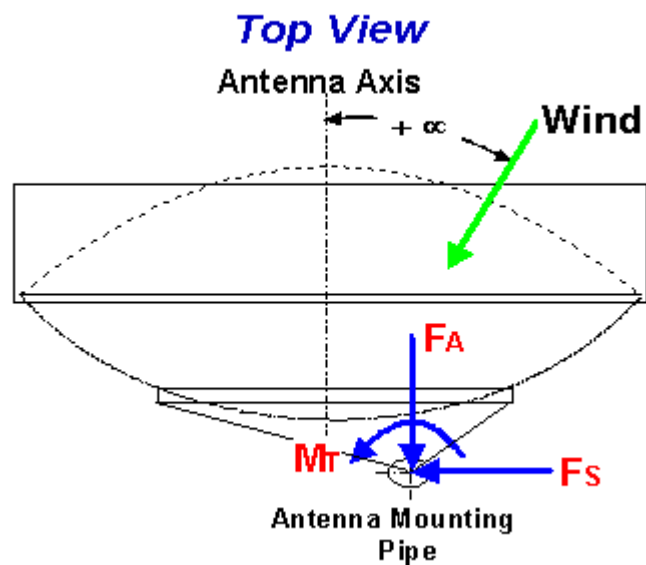
HSX10-64 Antenna - Radiation Pattern Envelope



HSX10-64 Antenna - Outline Dimensions
Antenna Dimensions in inches (mm)

Dimension Name	Dimension Value, in	Dimension Value, mm
A	124.50	3160.00
B	130.50	3315.00
C	31.50	800.00
D	5.50	140.00
E	24.25	615.00
F	71.75	1820.00

G	55.75	1415.00
H	26.75	680.00
I	10.75	275.00
J	10.75	275.00
K	37.50	950.00
L	8.00	200.00
M	43.25	1100.00
N	13.00	330.00
O		
P	37.50	950.00
Q	35.25	895.00
R	24.50	625.00
S	39.25	1000.00
T	120.00	3050.00
U	60.00	1525.00



HSX10-64 Antenna - Wind Forces

Especificaciones técnicas adicionales

Wind Forces at 125 mph (200 km/h)	
Axial Force, F_A lb (N)	3964 (17632)
Side Force, F_S lb (N)	1964 (8734)
Moment, M_T lb-ft (Nm)	-6365 (-8630)
Angle α For M_T Max	-110

Antenna Packed Weights (Gross) and Dimensions (Single Unit Pack)	
Gross Weight, lb (kg)	1195.00 (542.00)
Length, in (mm)	129.00 (3280.00)
Width, in (mm)	90.00 (2290.00)
Height, in (mm)	98.00 (2490.00)

ANEXO B. PREDICCIONES DE FUNCIONAMIENTO

ENLACE KOZARA - MOSLOVAČKA

	Kozara
Coordinates (deg):	44.5821N -16.5833E
Site Level (masl):	947
Feeder Length(m):	0
Feeder Type:	N/A
Antenna Height (magl):	40
Antenna Type:	HPX8-65
Antenna Gain (dB):	42
XPD (dB):	34
Feeder Loss (dB):	0.0
Receiver Level (B) (dBm):	-32,9
Fading Margin SES (dB):	40,4
Fading Margin DM (dB):	38,6

Path data

Distance (km):	73.5
Path Type:	inland
Terrain Type:	hills
PL-factor (%):	5
Rain rate (0.01%, 1min.int. time):	42
Water Vapor (g/m3):	10.0
Temperature (C):	15.0
Inclination angle (mrad):	7.1
Fading occurrence factor PO (%):	4.3
Path Latitude (deg):	45.0
Path Longitude (clon):	3.0

Looses

Free space loss and atenuation	
Due to atmospheric gases (dB):	147.2

Equipment data

Radio Type:	NL2006B-SMXT-2D-B
Radio family:	Interlink Split mount
Diversity type:	Frequency
Data rate (Mb/s):	155.0
Frequency band (GHz):	6.425 – 7.125
Configuration:	3 + 1
Tx Power (B') (dBm):	28.3
Modulation:	64TCM-D80

Predicted Performance due multipath and related mechanisms for worst month

Flat Fading Occurrence SES (%):	0.000032
Selective Fading Occurrence SES (%):	0.000135
Total diversity improvement factor SES:	11
Total multipath outage SES (%):	0.000203
Total multipath outage SES (min:sec):	00:05.3
Objective SES (min:sec):	00:25.9
Outage in percent of objective SES (%):	20.3

ENLACE KOZARA - VLAŠIĆ

Kozara Main

Coordinates (deg):	44.5821N -16.5833E
Site Level (masl):	947
Feeder Length(m):	0
Feeder Type:	N/A
Antenna Height (magl):	40
Antenna Type:	HPX6-65
Antenna Gain (dB):	39,5
XPD (dB):	30
Feeder Loss (dB):	0.0
Receiver Level (B) (dBm):	-42,0
Fading Margin SES (dB):	31,3
Fading Margin DM (dB):	29,5

Kozara Space

Coordinates (deg):	44.5821N -16.5833E
Site Level (masl):	947
Feeder Length(m):	0
Feeder Type:	N/A
Antenna Height (magl):	30
Antenna Type:	12HXP64A – 2 – F – A
Antenna Gain (dB):	36,6
XPD (dB):	36
Feeder Loss (dB):	0.0
Receiver Level (B) (dBm):	-44,9
Fading Margin SES (dB):	
Fading Margin DM (dB):	

Vlašić Main

Coordinates (deg):	44.1733N –17.3814E
Site Level (masl):	1933
Feeder Length(m):	0
Feeder Type:	N/A
Antenna Height (magl):	40

Antenna Type: HPX6-65

Antenna Gain (dB): 39,5
XPD (dB): 30
Feeder Loss (dB): 0.0
Receiver Level (B) (dBm): -42,0
Fading Margin SES (dB): 31,3
Fading Margin DM (dB): 29,5

**Vlašić
Space**

Coordinates (deg): 44.1733N –17.3814E
Site Level (masl): 1933
Feeder Length(m): 0
Feeder Type: N/A
Antenna Height (magl): 30

Antenna Type: 12HXP64A – 2 – F – A

Antenna Gain (dB): 36,6
XPD (dB): 36
Feeder Loss (dB): 0.0
Receiver Level (B) (dBm): -44,9
Fading Margin SES (dB):
Fading Margin DM (dB):

Path data

Distance (km): 91,9
Path Type: inland
Terrain Type: hills
PL-factor (%): 5
Rain rate (0.01%, 1min.int. time): 42
Water Vapor (g/m3): 10.0
Temperature (C): 15.0
Inclination angle (mrad): 10,7
Fading occurrence factor PO (%): 3,6
Path Latitude (deg): 45.0
Path Longitude (clon): 3.0

Losses

Free space loss and attenuation
Due to atmospheric gases (dB): 149.3

Equipment data

Radio Type: NL2006B-SMXT-2D-B
Radio family: Interlink Split mount
Diversity type: Frequency
Data rate (Mb/s): 155.0
Frequency band (GHz): 6.425 – 7.125

Configuration:	3 + 1
Tx Power (B') (dBm):	28.3
Modulation:	64TCM-D80

Predicted Performance due multipath and related mechanisms for worst month

Flat Fading Occurence SES (%):	0.000009
Selective Fading Occurence SES (%):	0.000030
Total diversity improvment factor SES:	114
Total multipath outage SES (%):	0.000049
Total multipath outage SES (min:sec):	00:01.3
Objective SES (min:sec):	00:25.9
Outage in percent of objective SES (%):	4,9

ENLACE VLAŠIC – HUM

Vlašić

Coordinates (deg):	44.1733N –17.3814E
Site Level (masl):	1933
Feeder Lenght(m):	0
Feeder Type:	N/A
Antenna Height (magl):	40
Antenna Type:	HPX8-65
Antenna Gain (dB):	42
XPD (dB):	34
Feeder Loss (dB):	0.0
Receiver Level (B) (dBm):	-35,2
Fading Margin SES (dB):	38,1
Fading Margin DM (dB):	36,3

Hum

Coordinates (deg):	43.5225N –18.2312E
Site Level (masl):	1492
Feeder Lenght(m):	0
Feeder Type:	N/A
Antenna Height (magl):	40
Antenna Type:	HPX8-65
Antenna Gain (dB):	42
XPD (dB):	34
Feeder Loss (dB):	0.0
Receiver Level (B) (dBm):	-35,2
Fading Margin SES (dB):	38,1
Fading Margin DM (dB):	36,3

Path data

Distance (km):	75,8
Path Type:	inland

Terrain Type:	hills
PL-factor (%):	5
Rain rate (0.01%, 1min.int. time):	42
Water Vapor (g/m3):	10.0
Temperature (C):	15.0
Inclination angle (mrad):	5,8
Fading occurrence factor PO (%):	3,9
Path Latitude (deg):	43,9
Path Longitude (clon):	3.0

Losses

Free space loss and attenuation	
Due to atmospheric gases (dB):	147,5

Equipment data

Radio Type:	NL2006B-SMXT-2D-B
Radio family:	Interlink Split mount
Diversity type:	Frequency
Data rate (Mb/s):	155.0
Frequency band (GHz):	6.425 – 7.125
Configuration:	3 + 1
Tx Power (B') (dBm):	28.3
Modulation:	64TCM-D80

Predicted Performance due multipath and related mechanisms for worst month

Flat Fading Occurrence SES (%):	0.000082
Selective Fading Occurrence SES (%):	0.000148
Total diversity improvement factor SES:	8
Total multipath outage SES (%):	0.000293
Total multipath outage SES (min:sec):	00:07.6
Objective SES (min:sec):	00:25.9
Outage in percent of objective SES (%):	29,3